

1. Acciones

1.1 Acciones permanentes

En las acciones permanentes se ha consultado el “Catálogo de elementos constructivos del CTE” y el “Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la Edificación DB-SE-AE”. Para el peso de los forjados se ha consultado la “Norma reglamentaria de edificación sobre acciones en la edificación en las obras de rehabilitación estructural de los techos de edificios de viviendas NRE-AEOR-93”.

El peso específico aparente de los materiales de construcción se han consultado en la tabla C.1 del DB-SE-AE:

Tabla C.1 Peso específico aparente de materiales de construcción

Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³	Materiales y elementos	Peso específico aparente kN/m ³
Materiales de albañilería		Madera	
Arenisca	21,0 a 27,0	Aserrada, tipos C14 a C40	3,5 a 5,0
Basalto	27,0 a 31,0	Laminada encolada	3,7 a 4,4
Calizas compactas, mármoles	28,0	Tablero contrachapado	5,0
Diorita, gneis	30,0	Tablero cartón gris	8,0
Granito	27,0 a 30,0	Aglomerado con cemento	12,0
Sienita, diorita, pórfido	28,0	Tablero de fibras	8,0 a 10,0
Terracota compacta	21,0 a 27,0	Tablero ligero	4,0
Fábricas		Metales	
Bloque hueco de cemento	13,0 a 16,0	Acero	77,0 a 78,5
Bloque hueco de yeso	10,0	Aluminio	27,0
Ladrillo cerámico macizo	18,0	Bronce	83,0 a 85,0
Ladrillo cerámico perforado	15,0	Cobre	87,0 a 89,0
Ladrillo cerámico hueco	12,0	Estaño	74,0
Ladrillo silicocalcáreo	20,0	Hierro colado	71,0 a 72,5
Mampostería con mortero		Hierro forjado	76,0
de arenisca	24,0	Latón	83,0 a 85,0
de basalto	27,0	Plomo	112,0 a 114,0
de caliza compacta	26,0	Zinc	71,0 a 72,0
de granito	26,0	Plásticos y orgánicos	
Sillería		Caucho en plancha	17,0
de arenisca	26,0	Lámina acrílica	12,0
de arenisca o caliza porosas	24,0	Linóleo en plancha	12,0
de basalto	30,0	Mástico en plancha	21,0
de caliza compacta o mármol	28,0	Poliestireno expandido	0,3
de granito	28,0	Otros	
Hormigones y morteros		Adobe	16,0
Hormigón ligero	9,0 a 20,0	Asfalto	24,0
Hormigón normal ⁽¹⁾	24,0	Baldosa cerámica	18,0
Hormigón pesado	> 28,0	Baldosa de gres	19,0
Mortero de cemento	19,0 a 23,0	Papel	11,0
Mortero de yeso	12,0 a 28,0	Pizarra	29,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0	Vidrio	25,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0		

⁽¹⁾ En hormigón armado con armados usuales o fresco aumenta 1 kN/m³

El peso de las cubiertas se han consultado en la tabla C.2 del DB-SE-AE:

Tabla C.2 Peso por unidad de superficie de elementos de cobertura

Materiales y elementos	Peso kN/m ²	Materiales y elementos	Peso kN/m ²
Aislante (lana de vidrio o roca)		Tablero de madera, 25 mm espesor	0,15
por cada 10 mm de espesor	0,02	Tablero de rasilla, una hoja	
Chapas grecadas, canto 80 mm,		una hoja sin revestir	0,40
Acero 0,8 mm espesor	0,12	una hoja más tendido de yeso	0,50
Aluminio, 0,8 mm espesor	0,04	Tejas planas (sin enlistonado)	
Plomo, 1,5 mm espesor	0,18	ligeras (24 kg/pieza)	0,30
Zinc, 1,2 mm espesor	0,10	corrientes (3,0 kg/pieza)	0,40
Cartón embreado, por capa	0,05	pesadas (3,6 kg/pieza)	0,50
Enlistonado	0,05	Tejas curvas (sin enlistonado)	
Hoja de plástico armada, 1,2 mm	0,02	ligeras (1,6 kg/pieza)	0,40
Pizarra, sin enlistonado		corrientes (2,0 kg/pieza)	0,50
solape simple	0,20	pesadas (2,4 kg/pieza)	0,60
solape doble	0,30	Vidriera (incluida la carpintería)	
Placas de fibrocemento, 6 mm espesor	0,18	vidrio normal, 5 mm espesor	0,25
		vidrio armado, 6 mm espesor	0,35

El peso de pavimento se ha consultado en la tabla C.3 del DB-SE-AE:

Tabla C.3 Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación

Materiales y elementos	Peso kN/m ²	Materiales y elementos	Peso kN/m ²
Baldosa hidráulica o cerámica (incluyendo material de agarre)		Linóleo o loseta de goma y mortero	
0,03 m de espesor total	0,50	20 mm de espesor total	0,50
0,05 m de espesor total	0,80	Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles	0,40
0,07 m de espesor total	1,10	Tarima de 20 mm de espesor rastreles recibidos con yeso	0,30
Corcho aglomerado		Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80
tarima de 20 mm y rastrel	0,40		

El peso de la tabiquería por unidad de superficie se ha consultado en la tabla C.4 del DB-SE-AE:

Tabla C.4 Peso por unidad de superficie de tabiques

Tabiques (sin revestir)	Peso kN/m ²	Revestimientos (por cara)	Peso kN/m ²
Rasilla, 30 mm de espesor	0,40	Enfoscado o revoco de cemento	0,20
Ladrillo hueco, 45 mm de espesor	0,60	Revoco de cal, estuco	0,15
de 90 mm de espesor	1,00	Guarnecido y enlucido de yeso	0,15

El peso propio de los elementos constructivos se ha consultado en la tabla C.5 del DB-SE-AE:

Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

Elemento	Peso
Forjados	kN / m ²
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldaños; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrocado, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos	kN / m ³
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardinerías, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

El peso específico de los materiales almacenables a granel se ha consultado en la tabla C.6 del DB-SE-AE:

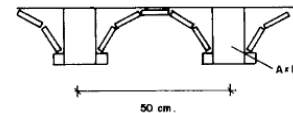
Tabla C.6 Peso específico y ángulo de rozamiento de materiales almacenables y a granel⁽¹⁾

Material	Peso kN/m ³	Ángulo	Material	Peso kN/m ³	Ángulo
Arena	14 a 19	30°	Carbón en leña de trozos	4	45°
Arena de piedra pómez	7	35°	Hulla		
Arena y grava	15 a 20	35°	briquetas amontonadas	8	35°
Cal suelta	13	25°	briquetas apiladas	13	-
Cemento clinker suelto	16	28°	en bruto, de mina	10	35°
Cemento en sacos	15		pulverizada	7	25°
Escoria de altos hornos			Leña	5,4	45°
troceada	17	40°	Lignito		
granulada	12	30°	briquetas amontonadas	7,8	30°
triturada, de espuma	9	35°	briquetas apiladas	12,8	-
Poliéster en resina	12	-	en bruto	7,8 a 9,8	30° a 40°
Poliétileno, poliestirol granulada	6,4	30°	pulverizado	4,9	25° a 40°
Resinas y colas	13	-	Turba negra y seca		
Yeso suelto	15	25°	muy empaquetada	6 a 9	-
Agua dulce	10	-	amontonada y suelta	3 a 6	45°

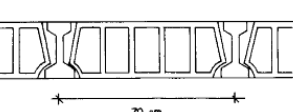
⁽¹⁾ En la ENV 1990 pueden encontrarse valores adicionales de materiales agrícolas, industriales y otros.

Los forjados que se han consultado en el Catálogo son:

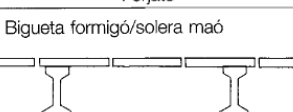
- Para los forjados de vigas de madera y entrevigado de yeso y losa de piedra, se ha considerado el mismo peso que el forjado número 2 del catálogo con dos capas de baldosa cerámica y unas dimensiones AxB de 24x14cm, por lo que el peso es de 175kg/m²:

2. Bigueta fusta/revoltó maó 	1 capa rajola ceràmica	AxB (cm)	
		16x10	135
		20x12	150
		24x14	160
	2 capes rajola ceràmica	AxB (cm)	
		16x10	150
		20x12	165
		24x14	175

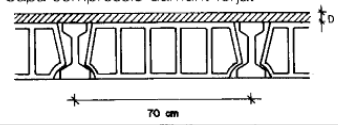
- Para los forjados de viga de hormigón armado y entrevigado de bloque cerámico se ha considerado el mismo peso que el forjado número 8 del catálogo con una D de 24, por lo que el peso es de 160kg/m²:

8. Bigueta formigó/bloc buit 	Bloc ceràmic	D (cm)	
		14	105
		16	120
		18	130
		20	140
		22	150
		24	160
	Bloc morter	D (cm)	
		14	125
		16	130
		18	145
		20	155
		22	175
		24	185

- Para los forjados de viga de hormigón armado y entrevigado de machihembrado cerámico se ha considerado el mismo peso que el forjado número 9 del catálogo como si tuviese 2 capas de baldosa cerámica y una D de 24cm, por lo que el peso es de 150kg/m²:

Forjats	Dimensions		Pes (kg/m ²)
9. Bigueta formigó/solera maó 	1 capa rajola ceràmica	D (cm)	
		14	60
		16	65
		18	70
		20	75
		22	80
		24	90
	2 capes rajola ceràmica	D (cm)	
		14	120
		16	125
		18	130
		20	135
		22	140
		24	150
	1 capa maó buit (4,5 cm)	D (cm)	
		14	80
		16	85
		18	90
		20	95
		22	100
		24	110

- Para la capa de compresión se ha considerado una D de 5cm, por lo que el peso es de 125kg/m²:

Sostres	Dimensions	Pes (kg/m ²)
Capa compressió damunt forjat	Tots els casos	D (cm)
		3 75
		4 100
		5 125

1.2 Acciones variables

1.2.1 Viento

La acción del viento se expresa como una fuerza perpendicular a las superficies del edificio. La fórmula para saber la presión que el viento ejerce sobre las superficies es:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Donde q_b , por ser del territorio español, es de 0,5 kN/m², c_e depende de la tabla 3.4 y c_p o c_s , según si se trata de presión o succión, en la tabla 3.5. No se ha querido concretar más debido a que el edificio no se encuentra aislado, sino rodeado por edificios de la misma altura y separado por calles muy estrechas que reducen la acción del viento. Tampoco está situado a una altitud superior a 2000m de altura ni tiene una esbeltez superior a 6.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)								El edificio en
	3	6	9	12	15	18	24	30	
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7	estudio
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	es de
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	grado
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	IV, con
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0	9m de
									altura
									por lo
									que el

coeficiente de exposición es 1,7.

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Se considera que la esbeltez es de 1, por lo que c_p es 0,8 y el c_s es -0,5.

De modo que la presión del viento es:

$$q_b = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot 0,8 = \mathbf{0,68 \text{ kN/m}^2}$$

Y la succión que ejerce el viento sobre las superficies es:

$$q_b = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot -0,5 = \mathbf{-0,425 \text{ kN/m}^2}$$

1.2.2 Acciones térmicas

Las acciones térmicas son las que provocan la dilatación y contracción de los materiales que componen la envolvente del edificio. Depende de la temperatura interior, la temperatura exterior y el incremento de la temperatura debido a la radiación solar, que depende de la orientación y del color de la superficie.

Según la figura E1 la temperatura exterior máxima es el intervalo de 44 a 46 °C y la temperatura mínima, al ser zona 2 a 702m de altura, se ha considerado 800, es de -18°C.

El incremento de la temperatura debido a la radiación solar se consulta en la tabla 3.7 de la normativa:

Tabla 3.7 Incremento de temperatura debido a la radiación solar

Orientación de la superficie	Color de la superficie		
	Muy claro	Claro	Oscuro
Norte y Este	0 °C	2 °C	4 °C
Sur y Oeste	18 °C	30 °C	42 °C

Como la fachada está orientada al SE, el valor es la media entre el Este y el Sur. Los colores en la fachada son blanco en los pisos superiores y marrón oscuro en la parte inferior. Por lo que obtenemos dos valores: 9°C para la zona blanca y 23°C para la zona oscura.

1.2.3 Nieve

La carga por nieve q_n se obtiene de la siguiente fórmula:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Donde μ es el coeficiente de forma, que según 3.5.3, al tener una inclinación menos al 30%, es 1; y s_k depende de la Tabla 3.8, en la que indica que para Teruel, con 950m de altitud, es de 0,9:

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas-	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	tian/Donostia	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Santander	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Segovia	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Sevilla	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Soria	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,7	Tarragona	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,6	Tenerife	950	0,9
Castellón	0	0,2	Málaga	40	0,2	Teruel	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Murcia	130	0,4	Toledo	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Orense / Ourense	230	0,5	Valencia/València	690	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Oviedo	740	0,4	Valladolid	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palencia	0	0,2	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,5
Granada	690	0,5	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,2
			Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla		

Se trata de una localidad de la provincia de Teruel, no de la capital, por lo que se ha consultado también el anejo E, la figura E2 nos indica que se trata de zona 2, y la tabla E2, al ser de zona 2 a 700m de altura, la sobrecarga por nieve es de 1 kN/m^2 . Se ha cogido el valor más desfavorable que es de 1 kN/m^2 .

Por lo tanto, la sobrecarga de nieve es:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 1\text{ kN/m}^2 = 1\text{ kN/m}^2$$

1.2.4 Sobrecargas de uso

La sobrecarga de uso según el CTE-SE-AE se encuentra en la Tabla 3.1. El edificio en estudio es una categoría de uso de A (zonas residenciales), por lo que se sumará una carga de 2 kN/m^2 en todos los forjados.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme $[\text{kN/m}^2]$	Carga concentrada $[\text{kN}]$
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
		C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
		D1	Locales comerciales	5	4
D	Zonas comerciales	D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

El edificio en estudio tiene 3 y 4 plantas, por lo que la sobrecarga de uso para los elementos verticales se puede reducir con el coeficiente que según la tabla 3.2 es de **0,9**. Los elementos horizontales no superan los 16 m^2 por lo que a los forjados no se le aplicará el coeficiente de reducción ya que este es **1**.

Elementos verticales			Elementos horizontales			
Número de plantas del mismo uso			Superficie tributaria (m^2)			
1 ó 2	3 ó 4	5 ó más	16	25	50	100
1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7

2. Resistencia estructural

2.1 Estructura vertical

2.1.1 Muro de fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable del muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 22	5,12	1,00	37,89	-	7,400	250	423	1470
Falso techo 22	4,61	1,64	-	0,27	0,446			
Forjado 13	4,61	1,64	-	10,05	16,477			
Forjado 4	4,61	1,64	-	10,05	16,477			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,57	4,40	1,00	27,78	69,680			
Muro tapia	0,59	2,20	1,00	27,78	36,062			
Sobrecargas por aberturas								
Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga puntual (kN)			
Cubierta 22	5,12	1,00	37,89	-	8,825			
Falso techo 22	4,61	1,64	-	0,27	0,532			
Forjado 13	4,61	1,64	-	10,05	19,649			
Forjado 4	4,61	1,64	-	10,05	19,649			
Muro	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga puntual (kN)			
Tramo E	0,57	4,44	0,69	27,78	48,340			
Tramo S	0,57	0,76	0,51	27,78	6,078			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

2.1.2 Muro medianero

Muro medianero SO

Se han calculado los dos tramos más desfavorables del muro:

- Tramo con forjados de hormigón armado

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m^2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m^2)	T admisible (kN/m^2)
Cubierta 23	4,00	1,28	25,14	-	8,045	162	270	1470
Forjado 11	6,10	1,28	-	11,51	14,726			
Forjado 2	6,10	1,28	-	11,51	14,726			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m^3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,40	6,65	1,00	27,78	73,903			
Muro tapia	0,60	3,05	1,00	27,78	50,843			

- Tramo donde apoya la viga metálica HEB120

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga puntual (kN)	Carga forjado (kN/m^2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m^2)	T admisible (kN/m^2)
Cubierta 31	3,70	1,22	-	4,26	5,200	211	352	1470
Forjado 27	3,70	1,22	-	10,05	12,257			
Forjado 16	3,70	1,22	-	10,05	12,257			
Forjado 7	-	-	41,21	-	41,211			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m^3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,40	8,05	1,00	27,78	89,461			
Muro tapia	0,60	3,05	1,00	27,78	50,843			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

Muro medianero NO

Se han calculado los dos tramos más desfavorables del muro:

- Tramo de la crujía oeste

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Forjado 7	2,00	1,20	-	7,30	8,762	230	384	1470
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,40	12,00	1,00	27,78	133,358			
Muro tapia	0,60	3,05	1,00	27,78	50,843			
Sobrecargas por aberturas								
Muro	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga puntual (kN)			
Tramo N	0,40	1,90	0,40	27,78	8,446			
Tramo O	0,40	6,50	0,40	27,78	28,894			

- Tramo de la crujía central del muro

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 32	2,00	1,20	30,19	-	18,114	74	123	1470
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,40	6,60	1,00	27,78	73,347			
Muro tapia	0,60	3,05	1,00	27,78	50,843			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

Muro medianero NE

Se ha calculado el tramo más desfavorable del muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 30	2,70	1,27	14	-	6,585	141	235	1470
Forjado 19	2,06	1,27	-	10,05	12,760			
Forjado 10	2,11	0,44	-	10,05	4,421			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,40	6,00	1,00	27,78	66,679			
Muro tapia	0,60	3,05	1,00	27,78	50,843			

2.1.3 Muros interiores perpendiculares a la fachada

Primer muro interior perpendicular a la fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable del muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 24	5,84	1,24	30,57	-	6,491	202	368	1470
Cubierta 23	4,07	1,57	25,11	-	9,686			
Forjado 14	3,60	1,17	-	10,05	11,755			
Forjado 11	2,09	1,35	-	11,51	15,532			
Forjado 5	3,60	1,17	-	10,05	11,755			
Forjado 2	2,09	1,35	-	11,51	15,532			
Forjado 1	3,60	1,17	-	10,05	11,755			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,40	8,25	1,00	27,78	91,684			
Muro tapia	0,55	1,85	1,00	27,78	28,269			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

Segundo muro interior perpendicular a la fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable del muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga puntual (kN)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 32	-	-	12,32	-	12,320	388	705	1470
Cubierta 31	3,70	1,22	-	4,26	5,200			
Forjado 28	4,19	1,53	-	10,05	15,372			
Forjado 27	4,77	1,15	-	10,05	11,554			
Forjado 17	4,76	1,46	-	10,05	14,669			
Forjado 16	4,85	1,15	-	10,05	11,554			
Forjado 8	4,62	1,35	-	11,51	15,532			
Forjado 7	-	-	41,21	-	41,211			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,40	8,20	1,00	27,78	91,128			
Muro tapia	0,55	2,45	1,00	27,78	37,438			
Sobrecargas por aberturas						388	705	1470
Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga puntual (kN)			
Cubierta 31	3,70	1,22	-	4,26	4,160			
Forjado 28	4,19	1,53	-	10,05	12,298			
Forjado 27	4,77	1,15	-	10,05	9,243			
Forjado 17	4,76	1,46	-	10,05	11,735			
Forjado 16	4,85	1,15	-	10,05	9,243			
Forjado 8	4,62	1,35	-	11,51	12,425			
Muro	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga puntual (kN)			
Tramo SE	0,40	8,20	0,80	27,78	72,903			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

Tercer muro interior perpendicular a la fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable que corresponde a la base del arco de piedra que hay integrado en el muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga puntual (kN)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 33	-	-	-	-	17,680	348	1451	7928
Cubierta 32	-	-	-	-	15,040			
Forjado 29	2,40	1,15	10,05	11,55	27,730			
Forjado 28	2,40	1,53	10,05	15,37	36,893			
Forjado 18	2,40	1,05	10,05	10,55	25,318			
Forjado 17	2,40	1,46	10,05	14,67	35,205			
Forjado 9	-	1,03	10,05	10,35	10,348			
Forjado 8	-	1,35	11,505	15,53	15,532			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,45	4,30	1,00	27,78	53,760			
Muro tapia	0,45	3,80	1,50	27,78	71,263			
Arco piedra	0,60	4,57	0,40	35,99	39,469			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

Cuarto muro interior perpendicular a la fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable del muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 33	4,15	1,35	27,43	-	8,923	235	523	1470
Cubierta 30	2,38	1,10	14	-	6,471			
Forjado 29	3,66	1,15	-	10,05	11,554			
Forjado 19	2,04	1,18	-	10,05	11,855			
Forjado 18	4,53	1,05	-	10,05	10,549			
Forjado 10	2,25	0,75	-	10,05	7,535			
Forjado 9	5,11	1,03	-	10,05	10,348			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,45	9,10	1,00	27,78	113,771			
Sobrecargas por aberturas								
Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga puntual (kN)	235	523	1470
Cubierta 33	4,15	1,35	27,43	-	4,015			
Cubierta 30	2,38	1,10	14	-	2,912			
Forjado 29	3,66	1,15	-	10,05	5,199			
Forjado 19	2,04	1,18	-	10,05	5,335			
Forjado 18	4,53	1,05	-	10,05	4,747			
Forjado 10	2,25	0,75	-	10,05	3,391			
Forjado 9	5,11	1,03	-	10,05	4,657			
Muro	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga puntual (kN)			
Tramo SE	0,45	4,30	0,45	27,78	24,192			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

2.1.4 Muros interiores paralelos a la fachada

Primer muro interior paralelo a la fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable que corresponde a la base del arco de piedra que hay integrado en el muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga puntual (kN)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 25	-	-	-	-	32,000	344	1434	7928
Cubierta 22	-	-	-	-	37,000			
Forjado 22	2,45	1,64	0,51	0,84	2,057			
Forjado 15	2,45	1,75	10,05	17,58	43,077			
Forjado 13	2,45	1,64	10,05	16,48	40,369			
Forjado 6	1,00	1,87	10,05	18,79	18,788			
Forjado 4	1,00	1,64	10,05	16,48	16,477			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga puntual (kN)			
Pared de adoba	0,10	3,15	2,45	22,49	17,357			
Muro tapia	0,45	1,80	2,45	27,78	55,135			
Muro tapia	0,45	2,90	1,00	27,78	36,257			
Arco piedra	0,60	5,28	0,40	35,99	45,601			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

Segundo muro interior paralelo a la fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable del muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Forjado 7	2,00	1,20	-	7,30	8,762	172	382	1470
Escalera	Volumen (m3)	Densidad (kN/m3)		Carga puntual (kN)				
Fábrica ladrillo	3,00	12,17		36,515				
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,45	7,75	1,00	27,78	96,893			
Fábrica ladrillo	0,05	2,30	1,00	12,17	1,400			
Sobrecargas por aberturas								
Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga puntual (kN)			
Forjado 7	2,00	1,20	-	7,30	3,067			
Muro	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga puntual (kN)			
Muro tapia	0,45	5,70	0,35	27,78	24,942			
Fábrica ladrillo	0,05	2,30	0,35	12,17	0,490			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

Tercer muro interior paralelo a la fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable del muro:

Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Muro tapia	0,45	5,20	1,00	27,78	65,012	72	161	1470
Fábrica ladrillo	0,11	1,80	1,00	12,17	2,410			
Cañizo	0,05	2,15	0,50	0,54	0,581			
Losa de piedra	0,05	2,15	0,50	1,30	1,398			
Sobrecargas por aberturas								
Muro	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga puntual (kN)			
Muro tapia	0,45	0,54	0,25	27,78	1,688			
Fábrica ladrillo	0,11	1,80	0,25	12,17	0,602			
Losa de piedra	0,05	2,15	0,25	1,30	0,699			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

Cuarto muro interior paralelo a la fachada

Se ha calculado el tramo más desfavorable del muro:

Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga repartida (kN/m)	Carga total (kN/m)	T máxima (kN/m2)	T admisible (kN/m2)
Cubierta 25	5,12	1,00	52,82	-	10,316	212	470	1470
Forjado 15	4,66	1,75	-	10,05	17,582			
Forjado 6	4,70	1,87	-	10,05	18,788			
Peso propio	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga repartida (kN)			
Muro tapia	0,45	9,00	1,00	27,78	112,521			
Sobrecargas por aberturas								
Forjados	Longitud (m)	Luz (m)	Carga vigas (kN/m)	Carga forjado (kN/m2)	Carga puntual (kN)			
Cubierta 25	5,12	1,00	52,82	-	9,285			
Forjado 15	4,66	1,75	-	10,05	7,033			
Muro	Espesor (m)	Altura (m)	Anchura (m)	Densidad (kN/m3)	Carga puntual (kN)			
Tramo NE	0,45	4,40	0,40	27,78	22,004			
Tramo SO	0,45	2,25	0,50	27,78	14,065			

Este muro cumple con las exigencias de seguridad.

2.2 Estructura horizontal

2.2.1 Procedimiento del cálculo de la flexión simple

2.2.1.1 Vigas de madera

Cálculo de la tensión admisible para los forjados de madera

La resistencia de las vigas de madera se ha consultado en el Documento Básico SE-M del CTE. Su resistencia es igual a la resistencia del material X_k entre el factor de seguridad γ_M y multiplicada por el factor de modificación k_{mod} :

$$X_d = k_{mod} \cdot \left(\frac{X_k}{\gamma_M} \right)$$

γ_M Según la tabla 2.3 y sabiendo que son vigas macizas es igual a 1,3:

Tabla 2.3 Coeficientes parciales de seguridad para el material, γ_M	
Situaciones persistentes y transitorias:	
- Madera maciza	1,30
- Madera laminada encolada	1,25
- Madera microlaminada, tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas	1,20
- Tablero de partículas y tableros de fibras (duros, medios, densidad media, blandos)	1,30
- Uniones	1,30
- Placas clavo	1,25
Situaciones extraordinarias:	1,0

X_k Según la clasificación de la viga según la UNE 56544 en ME-1 y ME-2, sabiendo que el material de las vigas es de pino silvestre (España), la clase resistente es de C18 en el caso de que sea ME-2 y de C27 en el caso de que sea ME-1. Una vez se conoce la clase resistente, según la tabla E.1 se saben las características del material.

k_{mod} factor de modificación para reducir la tensión admisible según el ambiente al que está expuesta. Según la clase de servicio (1, 2 o 3) y sabiendo que las vigas son de madera maciza, se entra en la tabla 2.4. Se ha cogido el valor para las cargas permanentes por ser más desfavorable:

Tabla 2.4 Valores del factor k_{mod}							
Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Permanente	Larga	Media	Corta	Instantánea
Madera maciza	UNE-EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	UNE-EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada	UNE-EN 14374, UNE-EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	UNE-EN 636						
	Tipo EN 636-1,2 y 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-2 y 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	Tipo EN 636-3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas (OSB) ¹	UNE-EN 300						
	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	OSB/3, OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	OSB/3, OSB/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de partículas	UNE-EN 312						
	Tipo P4, Tipo P5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	Tipo P5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
	Tipo P6, Tipo P7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
	Tipo P7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de fibras duro	UNE-EN 622-2						
	HB.LA, HB.HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	HB.HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Tablero de fibras semi-duro	UNE-EN 622-3						
	MBH.LA 1 o 2,	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MBH.HLS1 o 2	2	-	-	-	0,45	0,80
Tablero de fibras MDF	UNE-EN 622-5						
	MDF.LA, MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
	MDF.HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

¹ OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como de hecho sucede ya en el nuestro.

¹OSB = Oriented Strand Board. El acrónimo es usado frecuentemente en lengua inglesa y se ha acuñado como un nombre usual para el material en otros idiomas, como de hecho sucede ya en el nuestro

Teniendo en cuenta que el cálculo de la resistencia de las vigas se ha considerado sobre el diámetro útil, restandole todo tipo de imperfecciones, se han considerado prácticamente todas las vigas de ME-1, a excepción de 1 caso que por su estado se ha limitado a ME-2.

Por lo que la tensión admisible de las vigas de madera es:

$$X_d = 0,6 \cdot (27000 \text{ kN/m}^2 / 1,3) = \mathbf{12431,54 \text{ kN/m}^2}$$

A excepción de las del forjado número 10, que por su situación se considera de clase 3 y la tensión admisible es de:

$$X_d = 0,5 \cdot (27000 \text{ kN/m}^2 / 1,3) = \mathbf{10384,62 \text{ kN/m}^2}$$

La viga 5 del forjado número 10 considerada como ME-2, cuya tensión admisible es:

$$X_d = 0,5 \cdot (18000 \text{ kN/m}^2 / 1,3) = \mathbf{6923,08 \text{ kN/m}^2}$$

Y la viga 7 de la cubierta 30 considerada como ME-2, cuya tensión admisible es:

$$X_d = 0,6 \cdot (18000 \text{ kN/m}^2 / 1,3) = \mathbf{8307,69 \text{ kN/m}^2}$$

Cálculo de la tensión máxima de los forjados de madera

La tensión máxima que soporta la viga es el resultante de la siguiente expresión:

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W$$

Donde,

W es el momento resistente que al ser vigas de sección circular $W = \pi r^3 / 4$

r es el radio útil de la viga.

$$M_{\max} = q \cdot L^2 / 8$$

q es el sumatorio de las cargas lineales multiplicadas por su coeficiente de seguridad: 1,3 en las cargas permanentes y 1,5 en las cargas variables.

L es la luz de la viga.

La carga de los forjados de madera es:

Cargas permanentes	
	Peso (kN/m²)
Forjado	1,71
Capa de compresión (1,5cm grosor)	0,25
Pavimento de baldosa cerámica con material de agarre (1,5 cm grosor)	0,25
Tabiquería	3
Peso propio total	5,22
Cargas variables	
Uso	2

Con los coeficientes de seguridad (1,35 para permanentes y 1,5 para variables) la carga del forjado es de:

$$5,22 \times 1,35 + 2 \times 1,5 = \mathbf{10,05 \text{ kN/m}^2}$$

Como los valores dependen de cada viga, se ha organizado el cálculo en tablas con cada uno de los valores anteriormente citados.

En las cubiertas se ha calculado cada viga independientemente ya que no siguen una continuidad como en los forjados. A la carga del peso de la cubierta se le ha de sumar la carga de la propia viga y de las vigas que apoyan en ella. La carga de la cubierta por metro cuadrado es:

Cargas permanentes	
	Peso (kN/m²)
Yeso	0,15
Cañizo	0,1
Tierra	0,9
Tejas	0,6
Peso propio total	1,73
Cargas variables	
Nieve	1

Con los coeficientes de seguridad (1,35 para permanentes y 1,5 para variables) la carga del forjado es de:

$$1,73 \times 1,35 + 1 \times 1,5 = \mathbf{3,84 \text{ kN/m}^2}$$

El peso de cada viga se calcula multiplicando el área de la sección por la longitud y por la densidad de la madera como indica la siguiente fórmula:

$$r^2 \cdot \pi \cdot L \cdot \rho$$

Donde,

r es el radio de la viga expresado en metros,

L es la luz de la viga expresada en metros y

ρ es la densidad de la madera que en este caso es de 5kN/m³.

2.2.1.2 Viguetas de hormigón pretensadoCálculo del momento admisible para los forjados de viguetas de hormigón pretensado

Para conocer el momento admisible de las viguetas de hormigón pretensado se ha consultado los protuarios de varios fabricantes y el más similar al que se encuentra en este edificio es de la casa PREFHOR, s.l. Según la situación de las armaduras el tipo de viga que hay es la T3:

		T1	T2	T3	T4	T5
SITUACION de las ARMADURAS	F1	1 Ø 5	1 Ø 5	1 Ø 5	1 Ø 5	1 Ø 5
	F2	-	-	-	1 Ø 5	1 Ø 4
	F3	-	-	1 Ø 5	1 Ø 5	1 Ø 5
	F4	2 Ø 5	3 Ø 5	3 Ø 5	4 Ø 5	5 Ø 5

TIPO DE VIGUETA	FLEXIÓN POSITIVA		FLEXIÓN NEGATIVA		Rigidez (1)	Cortante Vu
	Momento Último	Momento Ejec. vano	Momento Último	Momento Ejec.s/sop		
	m·kN	m·kN	m·kN	m·kN		
T1	8,82	3,28	4,81	2,73	1893	11,79
T2	12,37	5,54	4,74	2,20	1913	13,47
T3	13,38	7,49	4,79	1,88	1926	15,02
T4	14,37	9,13	4,70	1,33	1946	15,92
T5	14,10	9,16	7,82	1,80	1989	18,70

Por lo que el momento último de las viguetas de hormigón pretensado es de **13,38 m·kN**.

Cálculo del momento máximo de los forjados de viguetas de hormigón pretensado

El momento máximo de los forjados de viguetas de hormigón pretensado se calcula según la siguiente fórmula:

$$M_{\max} = q \cdot L^2 / 8$$

Donde,

q es la carga lineal que soporta la viga, y que se calcula multiplicando la carga que tiene el forjado por metro cuadrado por el entrevigado de la misma.

L es la luz del forjado.

2.2.2 Procedimiento del cálculo de la flechaCálculo de la flecha admisible

La flecha admisible es la luz entre 300, como indica la siguiente expresión:

$$Flecha_{adm} = L / 300$$

Cálculo de la flecha máxima para forjados de madera

La flecha máxima se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Flecha}_{\text{máx}} = (5 \cdot q \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

Donde:

q es la carga repartida a lo largo de la viga expresada en kN/cm,

L es la luz de la viga expresada en cm,

E es el módulo de elasticidad de la madera, que en el caso de vigas calificadas como ME-1 es de 1150 kN/cm² y en el caso de la viga calificada como ME-2 es de 900 kN/cm²,

I es la inercia de la viga, que al ser de sección circular es $\pi r^4/4$.

Como los valores dependen de cada viga, se ha organizado el cálculo en tablas con cada uno de los valores anteriormente citados.

Cálculo de la flecha máxima para forjados de viguetas de hormigón pretensado

$$\text{Flecha}_{\text{máx}} = (5 \cdot q \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

Donde:

q es la carga repartida a lo largo de la vigueta expresada en kN/cm,

L es la luz de la viga expresada en cm,

E es el módulo de deformación del hormigón que se calcula con la siguiente fórmula:

$$E = 8500 \cdot \sqrt{f_{cm}}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 25 + 8 = 33.$$

I es la inercia de la vigueta que es 3716,13cm⁴.

2.2.2 Cálculo de la resistencia de los forjados

La numeración de los forjados es la utilizada en el apartado de estado actual del anejo. A continuación se explica en tablas las vigas de cada forjado y se realiza el cálculo sobre todas las vigas por su variedad en el tamaño de la sección útil y del entrevigado.

1. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso.

Este forjado tiene vigas de madera y una vigueta de hormigón pretensado.

Forjado de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2)

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,50	28	14	Carcoma (1cm), sales	12	ME-1
2	2,46	43	16	Carcoma (1cm), fenda horizontal (1cm), sales	13	ME-1
3	2,43	44	14	Carcoma (1cm), sales	12	ME-1
4	2,40	44	14	Carcoma (1cm), sales	12	ME-1

5	2,37	39	13	Carcoma (2cm), humedad puntual en el centro, sales	9	ME-1
6	2,34	38	15	Carcoma (1,5cm), muchos nudos, sales	12	ME-1
7	2,32	50	16	Carcoma (1cm), sales	14	ME-1
8	2,29	48	18	Carcoma (1cm), fenda horizontal por clavos (2cm), sales	14	ME-1
9	2,26	35	20	Carcoma (1cm), sales	18	ME-1
10	2,24	34	16	Carcoma (1cm), sales	14	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN-m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,50	28	12	2,81	2,20	0,00017	12955,10	12461,54	No cumple
2	2,46	43	13	4,32	3,27	0,00022	15151,48	12461,54	No cumple
3	2,43	44	12	4,42	3,26	0,00017	19233,93	12461,54	No cumple
4	2,40	44	12	4,42	3,18	0,00017	18761,95	12461,54	No cumple
5	2,37	39	9	3,92	2,75	0,00007	38439,73	12461,54	No cumple
6	2,34	38	12	3,82	2,61	0,00017	15403,45	12461,54	No cumple
7	2,32	50	14	5,02	3,38	0,00027	12546,09	12461,54	No cumple
8	2,29	48	14	4,82	3,16	0,00027	11734,77	12461,54	Cumple
9	2,26	35	18	3,52	2,25	0,00057	3921,15	12461,54	Cumple
10	2,24	34	14	3,42	2,14	0,00027	7953,12	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (kN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,50	28	12	2,81	1017,88	1150	1,2224	0,8333	No cumple
2	2,46	43	13	4,32	1401,98	1150	1,2777	0,8200	No cumple
3	2,43	44	12	4,42	1017,88	1150	1,7146	0,8100	No cumple
4	2,40	44	12	4,42	1017,88	1150	1,6315	0,8000	No cumple
5	2,37	39	9	3,92	322,06	900	5,5533	0,7900	No cumple
6	2,34	38	12	3,82	1017,88	1150	1,2733	0,7800	No cumple
7	2,32	50	14	5,02	1885,74	1150	0,8738	0,7733	No cumple
8	2,29	48	14	4,82	1885,74	1150	0,7963	0,7633	No cumple
9	2,26	35	18	3,52	5153,00	1150	0,2016	0,7533	cumple
10	2,24	34	14	3,42	1885,74	1150	0,5164	0,7467	cumple

Vigueta de hormigón pretensado

Está colocada transversalmente debajo de las vigas de madera, por lo que su carga es la misma que las del forjado de madera más el peso propio de la vigueta.

Cálculo a flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (kN/m²)	M _{máx} (kN-m)	M _{admisible} (kN-m)
4,7	1,17	10,05	32,47	13,38

Cálculo de la flecha:

luz (cm)	Entrevigado (cm)	Carga (kN/cm ²)	I (cm ⁴)	E (kN/m ²)	Flecha max (cm)	Flecha adm (cm)
470	117	0,001005	3716,13	27264,04	0,74	1,57

Conclusión:

En este forjado solo cumplen las vigas 9 y 10.

2. Forjado de vigas de hormigón armado con entrevigado de bloque cerámico prefabricado

La distancia entre vigas es de 70cm, tiene malla de reparto y capa de compresión pero no armadura de negativo. La viga más desfavorable es en la que apoya la viga de madera a través de la Z metálica.

La carga de este forjado es:

Cargas permanentes	
	Peso (kN/m ²)
Forjado	1,57
Capa de compresión	1,23
Pavimento de baldosa cerámica con material de agarre (3cm grosor)	0,5
Tabiquería	3
Peso propio total	6,30
Cargas variables	
Uso	2

Con los coeficientes de seguridad (1,35 para permanentes y 1,5 para variables) la carga del forjado es de:
 $6,30 \times 1,35 + 2 \times 1,5 = 11,50 \text{ kN/m}^2$

Cálculo de la flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (kN/m ²)	M _{máx} (kN·m)	M _{admisible} (kN·m)
2,9	0,70	11,50	8,46	13,38

Cálculo de la flecha:

luz (cm)	Entrevigado (cm)	Carga (kN/cm ²)	I (cm ⁴)	E (kN/m ²)	Flecha max (cm)	Flecha adm (cm)
290	70	0,00115	3716,13	27264,04	0,07	0,97

Conclusión:

Este forjado cumple con las exigencias de seguridad.

3. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso.

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado

y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,74	46	18	Carcoma (1cm)	16	ME-1
2	2,71	36	18	Carcoma (1cm)	16	ME-1
3	2,68	34	16	Carcoma (1cm), fenda vertical (1,5cm)	14	ME-1
4	2,65	37	18	Carcoma (1cm), fenda oblicua (1cm), muchos nudos	14	ME-1
5	2,63	35	16	Carcoma (1cm)	14	ME-1
6	2,60	34	17	Carcoma (1cm)	15	ME-1
7	2,57	48	16	Carcoma (1cm)	14	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
1	2,74	46	16	4,62	4,34	0,00040	10785,63	12461,54	Cumple
2	2,71	36	16	3,62	3,32	0,00040	8257,10	12461,54	Cumple
3	2,68	34	14	3,42	3,07	0,00027	11384,42	12461,54	Cumple
4	2,65	37	14	3,72	3,26	0,00027	12113,12	12461,54	Cumple
5	2,63	35	14	3,52	3,04	0,00027	11286,05	12461,54	Cumple
6	2,60	34	15	3,42	2,89	0,00033	8711,61	12461,54	Cumple
7	2,57	48	14	4,82	3,98	0,00027	14779,85	12461,54	No cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,74	46	16	4,62	3216,99	1150	0,9168	0,9133	No cumple
2	2,71	36	16	3,62	3216,99	1150	0,6866	0,9033	cumple
3	2,68	34	14	3,42	1885,74	1150	1,0581	0,8933	No cumple
4	2,65	37	14	3,72	1885,74	1150	1,1007	0,8833	No cumple
5	2,63	35	14	3,52	1885,74	1150	1,0102	0,8767	No cumple
6	2,60	34	15	3,42	2485,05	1150	0,7112	0,8667	Cumple
7	2,57	48	14	4,82	1885,74	1150	1,2632	0,8567	No cumple

Conclusión:

En este forjado solo cumplen las vigas 2 y 6.

4. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso.

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	3,30	44	14	Fenda vertical (1cm), humedad central	14	ME-1
2	3,31	50	16	Fenda horizontal (1cm), humedad central	15	ME-1
3	3,32	49	15	Fenda oblicua (1cm), hongos de pudrición en el centro	13	ME-1
4	3,33	49	15	Carcoma (2cm)	11	ME-1
5	3,35	51	17	Humedad en la cabeza de la viga	17	ME-1
6	3,36	49	18	Fenda oblicua (2cm), fenda horizontal (1cm)	14	ME-1
7	3,38	40	17	Carcoma (1cm)	15	ME-1
8	2,40	30	13	Buen estado	13	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	3,30	44	14	4,42	6,02	0,00027	22337,93	12461,54	No cumple
2	3,31	50	15	5,02	6,88	0,00033	20763,41	12461,54	No cumple
3	3,32	49	13	4,92	6,78	0,00022	31447,69	12461,54	No cumple
4	3,33	49	11	4,92	6,82	0,00013	52221,94	12461,54	No cumple
5	3,35	51	17	5,12	7,19	0,00048	14902,51	12461,54	No cumple
6	3,36	49	14	4,92	6,95	0,00027	25789,15	12461,54	No cumple
7	3,38	40	15	4,02	5,74	0,00033	17320,73	12461,54	No cumple
8	2,40	30	13	3,01	2,17	0,00022	10061,44	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	3,30	44	14	4,42	1885,74	1150	3,1478	1,1000	No cumple
2	3,31	50	15	5,02	2485,05	1150	2,7474	1,1033	No cumple
3	3,32	49	13	4,92	1401,98	1150	4,8304	1,1067	No cumple
4	3,33	49	11	4,92	718,69	1150	9,5370	1,1100	No cumple
5	3,35	51	17	5,12	4099,83	1150	1,7822	1,1167	No cumple
6	3,36	49	14	4,92	1885,74	1150	3,7675	1,1200	No cumple
7	3,38	40	15	4,02	2485,05	1150	2,3898	1,1267	No cumple
8	2,40	30	13	3,01	1401,98	1150	0,8076	0,8000	No cumple

Conclusión:

En este forjado no cumplen las vigas.

5. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso.

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,48	81	18	Enyesada y pintada de blanco	18	ME-1
2	2,44	79	20	Enyesada y pintada de blanco	20	ME-1
3	2,42	76	18	Enyesada y pintada de blanco	18	ME-1
4	2,39	67	18	Enyesada y pintada de blanco	18	ME-1
5	2,37	66	20	Enyesada y pintada de blanco	20	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,48	81	18	8,14	6,26	0,00057	10927,41	12461,54	Cumple
2	2,44	79	20	7,94	5,91	0,00079	7520,79	12461,54	Cumple
3	2,42	76	18	7,25	5,31	0,00057	9274,64	12461,54	Cumple
4	2,39	67	18	6,73	4,81	0,00057	8394,59	12461,54	Cumple
5	2,37	66	20	6,63	4,66	0,00079	5927,85	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,48	81	18	8,14	5153,00	1150	0,6764	0,8267	Cumple
2	2,44	79	20	7,94	7853,98	1150	0,4056	0,8133	Cumple
3	2,42	76	18	7,25	5153,00	1150	0,5467	0,8067	Cumple
4	2,39	67	18	6,73	5153,00	1150	0,4826	0,7967	Cumple
5	2,37	66	20	6,63	7853,98	1150	0,3016	0,7900	Cumple

Conclusión:

En este forjado cumplen todas las vigas.

6. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso.

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	3,38	44	18	Fenda horizontal (3cm), humedad en la cabeza de la viga	15	ME-1
2	3,43	71	16	Humedad en la cabeza de la viga	16	ME-1
3	3,49	66	16	Fenda vertical (2cm)	16	ME-1
4	3,54	60	17	Fenda horizontal (0,5), hongos de pudrición puntual	16,5	ME-1
5	3,59	71	16	Fenda vertical (1cm), hongos de pudrición puntual	16	ME-1

6	3,65	66	16	Carcoma (2cm), hongos de pudrición puntual	14	ME-1
7	3,70	50	15	Fenda oblicua (3cm), hongos de pudrición puntual	9	ME-1
8	3,72	71	33	Carcoma (2cm)	29	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	3,38	44	15	4,42	6,31	0,00033	19052,80	12461,54	No cumple
2	3,43	71	16	7,13	10,49	0,00040	26087,54	12461,54	No cumple
3	3,49	66	16	6,63	10,10	0,00040	25106,22	12461,54	No cumple
4	3,54	60	16,5	6,03	9,44	0,00044	21411,76	12461,54	No cumple
5	3,59	71	16	7,13	11,49	0,00040	28578,13	12461,54	No cumple
6	3,65	66	14	6,63	11,04	0,00027	40991,34	12461,54	No cumple
7	3,70	50	9	5,02	8,60	0,00007	120113,67	12461,54	No cumple
8	3,72	71	29	7,13	12,34	0,00239	5153,43	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	3,38	44	15	4,42	2485,05	1150	2,6288	1,1267	No cumple
2	3,43	71	16	7,13	3216,99	1150	3,4751	1,1433	No cumple
3	3,49	66	16	6,63	3216,99	1150	3,4624	1,1633	No cumple
4	3,54	60	16,5	6,03	3638,36	1150	2,9460	1,1800	No cumple
5	3,59	71	16	7,13	3216,99	1150	4,1703	1,1967	No cumple
6	3,65	66	14	6,63	1885,74	1150	7,0666	1,2167	No cumple
7	3,70	50	9	5,02	322,06	1150	33,0990	1,2333	No cumple
8	3,72	71	29	7,13	34718,57	1150	0,4455	1,2400	Cumple

Conclusión:

En este forjado solo cumple la viga 8.

7. Forjado de vigas de hormigón pretensado y entrevigado de machihembrado cerámico

Este forjado está compuesto por viguetas de hormigón pretensado y una viga HEB 120.

Viguetas de hormigón pretensado

La carga de este forjado es:

Cargas permanentes	
	Peso (kN/m²)
Forjado	0,69
Capa de compresión (1,5cm grosor)	0,25
Pavimento de baldosa cerámica con material de agarre (3 cm grosor)	0,5

Pavimento de baldosa cerámica con material de agarre (1,5 cm grosor)	0,25
Tabiquería	3
Peso propio total	4,70
Cargas variables	
Uso	2

Con los coeficientes de seguridad (1,35 para permanentes y 1,5 para variables) la carga del forjado es de:
 $4,70 \times 1,35 + 2 \times 1,5 = 9,33 \text{ kN/m}^2$

Cálculo de la flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (kN/m²)	M _{máx} (kN·m)	M _{admisible} (kN·m)
2,9	0,77	9,33	7,55	13,38

Cálculo de la flecha:

luz (cm)	Entrevigado (cm)	Carga (kN/cm²)	I (cm⁴)	E (kN/m²)	Flecha max (cm)	Flecha adm (cm)
290	77	0,000933	3716,13	27264,04	0,07	0,97

Viga metálica HEB 120

A las cargas del forjado se le ha de sumar la carga de la viga metálica. La densidad del acero es de 7.850 kg/m^3 . Como la área es de 34 cm^2 , según los prontuarios el peso por metro lineal es de $0,267 \text{ kN/m}$.

Cálculo de la flexión simple:Resistencia de la sección a flexión

Para la resistencia de la barra debe comprobarse que $M_{ed} \leq M_{pl,d}$, donde M_{ed} es el valor de cálculo del momento flector y $M_{pl,d}$ es el valor de cálculo de la resistencia frente a pandeo lateral, y se calcula con la siguiente expresión:

M_{ed} se calcula con la fórmula siguiente:

$$M_{ed} = (q \cdot L^2)/8$$

$M_{pl,d}$ se calcula con la fórmula siguiente:

$$M_{pl,d} = W_{pl} \cdot f_{yd}$$

Donde,

W_{pl} según prontuario es 165.200 mm^3

f_{yd} se calcula con la fórmula siguiente:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Donde,

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2,$$

$$\gamma_{M0} = 1,05$$

Luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (kN/m)	M _{ed} (m·kN)	M _{pl,d} (m·kN)
2,14	2,25	21,26	12,17	43,27

Como M_{ed} es menor que M_{pl,d} significa que resiste a la flexión simple.

Resistencia de la barra a pandeo lateral

Para la resistencia de la barra debe comprobarse que $M_{ed} \leq M_{b,Rd}$, donde M_{ed} es el valor de cálculo del momento flector y M_{b,Rd} es el valor de cálculo de la resistencia frente a pandeo lateral, y se calcula con la siguiente expresión:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot (f_y / \gamma_{M1})$$

Donde,

W_y es el módulo resistente de la sección que la ser de clase 1 y 2 será W_{pl,y}. Al ser una viga HEB 120 es 165.200 mm³,
f_y es 275 N/mm²,

γ_{M1} es 1,05,

χ_{LT} se consulta en la tabla 6.3 del CTE-SE-Acero y va en función de la esbeltez reducida (λ_{LT}) y del coeficiente de imperfección (α) que en este caso es 0,21:

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)					
Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

⁽¹⁾ esbeltez intolerable en los elementos principales

⁽²⁾ esbeltez intolerable incluso en elementos de arriostamiento

λ_{LT} se calcula con la raíz cuadrada de W_y · f_y entre el momento crítico (M_{cr})

M_{cr} se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{cr} = \sqrt{(M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2)}$$

Donde,

M_{LTv} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTv} = C_1 \cdot (\pi/L_c) \cdot \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z}$$

Donde,

$$C_1 = 1$$

$$L_c = 2140 \text{ mm}$$

$$G = 261660 \text{ N/mm}$$

$$I_T = 138400 \text{ mm}^4$$

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

$$I_z = 3175000 \text{ mm}^4$$

M_{LTw} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot (\pi^2 \cdot E / L_c^2) \cdot C_1 \cdot i_{tz}^2$$

Donde,

$$W_{el,y} = 144100 \text{ mm}^3$$

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

$$L_c = 2140 \text{ mm}$$

$$C_1 = 1$$

$$i_{tz} = 32,2 \text{ mm}$$

Luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (kN/m)	M _{ed} (m·kN)	M _{LTv} (m·kN)	M _{LTw} (m·kN)	M _{cr} (m·kN)	λ _{LT}	χ _{LT}	M _{b,Rd} (m·kN)
2,14	2,25	21,26	12,17	131,79	270,29	300,71	0,36	0,95	41,10

Como M_{ed} es menor que M_{b,Rd} significa que no pandea lateralmente.

Cálculo de la flecha:

La flecha admisible se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Flecha}_{adm} = L / 300$$

La flecha máxima se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Flecha}_{m\acute{a}x} = (5 \cdot q \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

Luz (cm)	Entrevigado (cm)	q (kN/cm)	E (kN/cm ²)	I (cm ⁴)	Flecha _{max} (cm)	Flecha _{adm} (cm)
214	225	0,2126	21.000	864,4	0,32	0,71

Conclusión:

Este forjado cumple con las exigencias de seguridad.

8. Forjado de vigas de hormigón aluminoso armado y entrevigado de machihembrado cerámico

La carga de este forjado es:

Cargas permanentes

	Peso (kN/m ²)
Forjado	0,69
Capa de compresión (1,5cm grosor)	0,25
Pavimento de baldosa cerámica con material de agarre (1,5 cm grosor)	0,25
Pavimento de parquet	0,4
Tabiquería	3
Peso propio total	4,59

Cargas variables

Uso	2
-----	---

Con los coeficientes de seguridad (1,35 para permanentes y 1,5 para variables) la carga del forjado es de:
 $4,59 \times 1,35 + 2 \times 1,5 = 9,19 \text{ kN/m}^2$

Cálculo de la flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (kN/m ²)	M _{máx} (kN·m)	Madmisible (kN·m)
2,9	0,60	9,19	5,80	13,38

Cálculo de la flecha:

luz (cm)	Entrevigado (cm)	Carga (kN/cm ²)	I (cm ⁴)	E (kN/cm ²)	Flecha max (cm)	Flecha adm (cm)
290	60	0,000919	3716,13	27264,04	0,05	0,97

Conclusión:

Este forjado cumple con las exigencias de seguridad.

9. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,20	65	20	Carcoma (2cm), Fenda horizontal (2cm)	18	ME-1
2	2,19	76	20	Carcoma (2cm)	18	ME-1
3	2,17	84	22	Carcoma (1cm), fenda vertical (1cm)	21	ME-1
4	2,15	78	20	Carcoma (1cm), fenda vertical (3cm)	19	ME-1
5	2,13	82	20	Muchos nudos grandes, fenda vertical (2cm)	20	ME-1
6	2,11	85,5	20	Fendas verticales (1cm)	19	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
1	2,20	65	18	6,53	3,95	0,00057	6900,61	12461,54	Cumple
2	2,19	76	18	7,64	4,58	0,00057	7995,23	12461,54	Cumple
3	2,17	84	21	8,44	4,97	0,00091	5463,71	12461,54	Cumple
4	2,15	78	19	7,84	4,53	0,00067	6724,46	12461,54	Cumple
5	2,13	82	20	8,24	4,67	0,00079	5948,80	12461,54	Cumple
6	2,11	86	19	8,59	4,78	0,00067	7099,32	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (kN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,20	65	18	6,53	5153,00	1150	0,3361	0,7333	Cumple
2	2,19	76	18	7,64	5153,00	1150	0,3859	0,7300	Cumple
3	2,17	84	21	8,44	9546,56	1150	0,2219	0,7233	Cumple
4	2,15	78	19	7,84	6397,12	1150	0,2964	0,7167	Cumple
5	2,13	82	20	8,24	7853,98	1150	0,2445	0,7100	Cumple
6	2,11	86	19	8,59	6397,12	1150	0,3014	0,7033	Cumple

Conclusión:

Este forjado cumple con las exigencias de seguridad

10. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Este forjado está compuesto por vigas de madera y una vigueta de hormigón pretensado.

Vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2). Este forjado no se encuentra cubierto, por lo que su categoría de exposición según el DB-SE-M es de clase 3.

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	1,44	56	15	Carcoma (1cm), hachazo (2cm)	13	ME-1
2	1,48	50	14	Carcoma (1cm)	13	ME-1
3	1,50	43	15	Carcoma (1cm)	14	ME-1
4	1,51	28	14	Carcoma (1cm), fenda horizontal (1,5cm)	12,5	ME-1
5	1,52	17	13	Carcoma (7cm)	6	ME-2

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
1	1,44	56	13	5,63	1,46	0,00022	6761,29	10384,62	Cumple
2	1,48	50	13	5,02	1,38	0,00022	6376,90	10384,62	Cumple
3	1,50	43	14	4,32	1,22	0,00027	4510,38	10384,62	Cumple
4	1,51	28	12,5	2,81	0,80	0,00019	4181,46	10384,62	Cumple
5	1,52	17	6	1,71	0,49	0,00002	23261,03	6923,08	No cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (kN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	1,44	56	13	5,63	1401,98	1150	0,1954	0,4800	Cumple
2	1,48	50	13	5,02	1401,98	1150	0,1946	0,4933	Cumple
3	1,50	43	14	4,32	1885,74	1150	0,1313	0,5000	Cumple
4	1,51	28	12,5	2,81	1198,42	1150	0,1382	0,5033	Cumple
5	1,52	17	6	1,71	63,62	900	2,0734	0,5067	No cumple

Vigueta de hormigón pretensado

Esta viga está colocada transversalmente debajo de las vigas de madera, por lo que su carga es la misma que la del forjado de madera más el peso propio de la vigueta.

Cálculo de la flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (m2)	Mmáx (kN·m)	Madmisible (kN·m)
2,3	1,17	10,05	7,78	13,38

Cálculo de la flecha:

luz (cm)	Entrevigado (cm)	Carga (kN/cm2)	I (cm4)	E (kN/m2)	Flecha max (cm)	Flecha adm (cm)
230	117	0,001005	3716,13	27264,04	0,04	0,77

Conclusión:

En este forjado cumplen las vigas 1, 2, 3, 4 y la de hormigón pretensado.

11. Forjado de vigas de hormigón armado con entrevigado de bloque cerámico prefabricado

La carga de este forjado es:

Cargas permanentes	
	Peso (kN/m ²)
Forjado	1,57
Pavimento de baldosa cerámica con material de agarre (3cm grosor)	0,5

Capa de compresión	1,23
Impermeabilizante	0,06
Tabiquería	3
Peso propio total	6,36

Cargas variables

Uso	2
-----	---

Con los coeficientes de seguridad (1,35 para permanentes y 1,5 para variables) la carga del forjado es de:
 $6,36 \times 1,35 + 2 \times 1,5 = 11,58 \text{ kN/m}^2$

Cálculo de la flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (m2)	Mmáx (kN·m)	Madmisible (kN·m)
2,9	0,70	11,58	8,52	13,38

Cálculo de la flecha:

luz (cm)	Entrevigado (cm)	Carga (kN/cm2)	I (cm4)	E (kN/m2)	Flecha max (cm)	Flecha adm (cm)
290	70	0,001158	3716,13	27264,04	0,07	0,97

Conclusión:

Este forjado cumple con las exigencias de seguridad.

12. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Este forjado se encuentra tapado por un falso techo y no se ha podido estudiar.

13. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Øútil (cm)	Clasificación
1	3,30	27		No se ve lo suficiente		ME-1*
2	3,30	58	14	Hongos de pudrición, fenda horizontal (1,5cm)	12,5	ME-1
3	3,31	54	14	Hongos de pudrición, fenda horizontal (2,5)	11,5	ME-1
4	3,32	57	16	Hongos de pudrición	16	ME-1
5	3,34	55	15	Hongos de pudrición	15	ME-1
6	3,35	58	16	Hongos de pudrición, fenda horizontal (1cm)	15	ME-1
7	3,36	57	17	Hongos de pudrición, fenda vertical (1cm)	17	ME-1
8	3,38	38	19	Hongos de pudrición	19	ME-1

*es un valor supuesto por las vigas que le rodea.

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
2	3,30	58	12,5	5,83	7,93	0,00019	41368,75	12461,54	No cumple
3	3,31	54	11,5	5,43	7,43	0,00015	49762,56	12461,54	No cumple
4	3,32	57	16	5,73	7,89	0,00040	19621,74	12461,54	No cumple
5	3,34	55	15	5,53	7,71	0,00033	23255,64	12461,54	No cumple
6	3,35	58	15	5,83	8,17	0,00033	24671,20	12461,54	No cumple
7	3,36	57	17	5,73	8,08	0,00048	16755,34	12461,54	No cumple
8	3,38	38	19	3,82	5,45	0,00067	8096,60	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
2	3,30	58	12,5	5,83	1198,42	1150	6,5291	1,1000	No cumple
3	3,31	54	11,5	5,43	858,54	1150	8,5886	1,1033	No cumple
4	3,32	57	16	5,73	3216,99	1150	2,4488	1,1067	No cumple
5	3,34	55	15	5,53	2485,05	1150	3,1332	1,1133	No cumple
6	3,35	58	15	5,83	2485,05	1150	3,3439	1,1167	No cumple
7	3,36	57	17	5,73	4099,83	1150	2,0158	1,1200	No cumple
8	3,38	38	19	3,82	6397,12	1150	0,8819	1,1267	Cumple

Conclusión:

En este forjado solo cumple la viga 8.

14. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,46	56	16	Fenda oblicua (1cm)	14	ME-1
2	2,43	48	16	Fenda vertical (2cm)	16	ME-1
3	2,41	51	16	Fenda horizontal (2cm)	14	ME-1
4	2,34	56	18	Fenda vertical (1,5cm)	18	ME-1
5	1,80	52	14	Buen estado	14	ME-1
6	2,28	58	18	Humedad	18	ME-1
7	2,25	48	*Esta viga está tapada por un falso techo, por lo que no ha podido valorar			
8	1,07	90	18	Buen estado	18	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,96	54	14	5,43	5,94	0,00027	22056,65	12461,54	No cumple
2	2,43	50	16	5,02	3,71	0,00040	9220,81	12461,54	Cumple
3	2,41	51	14	5,12	3,72	0,00027	13809,14	12461,54	No cumple
4	2,34	56	18	5,63	3,85	0,00057	6725,87	12461,54	Cumple
5	1,80	52	14	5,22	2,12	0,00027	7854,36	12461,54	Cumple
6	2,28	58	18	5,83	3,79	0,00057	6613,43	12461,54	Cumple
7	2,25	48	-	4,82	3,05	-	-	-	
8	1,07	-	18	4,70	1,26	0,00057	2196,79	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,96	54	14	5,43	1885,74	1150	2,5007	0,9867	No cumple
2	2,43	50	16	5,02	3216,99	1150	0,6165	0,8100	Cumple
3	2,41	51	14	5,12	1885,74	1150	1,0378	0,8033	No cumple
4	2,34	56	18	5,63	5153,00	1150	0,3707	0,7800	Cumple
5	1,80	52	14	5,22	1885,74	1150	0,3293	0,6000	Cumple
6	2,28	58	18	5,83	5153,00	1150	0,3460	0,7600	Cumple
7	2,25	48	-	4,82	-	-	-	-	
8	1,07	-	18	4,70	5153,00	1150	0,0000	0,3567	Cumple

Conclusión:

En este forjado no cumplen las vigas 1 y 3.

15. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	3,25	50	18	Hongos de pudrición	18	ME-1
2	3,30	70	21	Hongos de pudrición	21	ME-1
3	3,33	71	22	Hongos de pudrición, carcoma (3cm)	19	ME-1
4	3,38	56	22	Hongos de pudrición, fenda horizontal (1cm), cabeza de la viga cortada por la mitad (corte horizontal)	11	ME-1
5	3,40	34	16	Carcoma (1cm)	15	ME-1
6	3,42	30	19	Hongos de pudrición, carcoma (3cm)	16	ME-1
7	3,44	32	15	Fenda oblicua (2cm), carcoma (1cm)	13	ME-1

8	3,47	36	19	Hongos de pudrición	19	ME-1
9	3,48	76	20	Hongos de pudrición, fenda horizontal (2,5cm)	17,5	ME-1
10	1,14	60	16	Hongos de pudrición, cortada por la mitad (corte horizontal)	8	ME-1
11	0,70	65	23	Hongos de pudrición	23	ME-1
12	1,01	71	14	Hongos de pudrición, carcoma (1cm)	13	ME-1
13	1,01	46	12	Hongos de pudrición, carcoma (1cm)	11	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	3,25	50	18	5,02	6,63	0,00057	11584,19	12461,54	No cumple
2	3,30	70	21	7,03	9,57	0,00091	10529,67	12461,54	Cumple
3	3,33	71	19	7,13	9,89	0,00067	14683,60	12461,54	No cumple
4	3,38	56	11	5,63	8,03	0,00013	61487,93	12461,54	No cumple
5	3,40	34	15	3,42	4,94	0,00033	14897,37	12461,54	No cumple
6	3,42	30	16	3,01	4,41	0,00040	10958,73	12461,54	Cumple
7	3,44	32	13	3,22	4,76	0,00022	22048,72	12461,54	No cumple
8	3,47	36	19	3,62	5,44	0,00067	8084,39	12461,54	Cumple
9	3,48	76	17,5	7,64	11,56	0,00053	21968,70	12461,54	Cumple
10	1,14	60	8	6,03	0,98	0,00005	19482,18	12461,54	No cumple
11	0,70	65	23	6,53	0,40	0,00119	334,87	12461,54	Cumple
12	1,01	-	13	3,44	0,87	0,00022	4022,48	12461,54	Cumple
13	1,01	-	11	2,29	0,58	0,00013	4416,73	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	3,25	50	18	5,02	5153,00	1150	1,2315	1,0833	No cumple
2	3,30	70	21	7,03	9546,56	1150	0,9892	1,1000	Cumple
3	3,33	71	19	7,13	6397,12	1150	1,5525	1,1100	No cumple
4	3,38	56	11	5,63	718,69	1150	11,5689	1,1267	No cumple
5	3,40	34	15	3,42	2485,05	1150	2,0799	1,1333	No cumple
6	3,42	30	16	3,01	3216,99	1150	1,4513	1,1400	No cumple
7	3,44	32	13	3,22	1401,98	1150	3,6359	1,1467	No cumple
8	3,47	36	19	3,62	6397,12	1150	0,9281	1,1567	Cumple
9	3,48	76	17,5	7,64	4603,86	1150	2,7541	1,1600	No cumple
10	1,14	60	8	6,03	201,06	1150	0,5733	0,3800	No cumple
11	0,70	65	23	6,53	13736,66	1150	0,0013	0,2333	Cumple
12	1,01	-	13	3,44	1401,98	1150	0,0000	0,3367	Cumple
13	1,01	-	11	2,29	718,69	1150	0,0000	0,3367	Cumple

Conclusión:

En este forjado solo cumplen las vigas 2, 8, 11, 12 y 13.

16. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Este forjado se encuentra tapado por un falso techo y no se ha podido estudiar.

17. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,85	70	20	Carcoma (1cm)	18	ME-1
2	2,84	80	20	Carcoma (2cm)	16	ME-1
3	2,83	75	18	Fenda horizontal por clavo (2cm)	16	ME-1
4	2,81	81	20	Fenda horizontal (1,5cm), fenda oblicua por clavo (4cm), nudos gordos	14,5	ME-1
5	2,80	61	19	Fenda horizontal (2cm), carcoma (1cm), fenda oblicua por clavo (4cm)	13	ME-1
6	2,79	34	15	Buen estado	15	ME-1
7	2,79	25	13	Carcoma (1,5cm)	11,5	ME-1
8	2,78	16,5	12	Buen estado	12	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,85	70	18	7,03	7,14	0,00057	12471,44	12461,54	No cumple
2	2,84	80	16	8,04	8,10	0,00040	20151,77	12461,54	No cumple
3	2,83	75	16	7,54	7,54	0,00040	18759,48	12461,54	No cumple
4	2,81	81	14,5	8,14	8,03	0,00030	26837,38	12461,54	No cumple
5	2,80	61	13	6,13	6,01	0,00022	27845,97	12461,54	No cumple
6	2,79	34	15	3,42	3,32	0,00033	10031,37	12461,54	Cumple
7	2,79	25	11,5	2,51	2,44	0,00015	16368,22	12461,54	No cumple
8	2,78	17	12	1,66	1,60	0,00017	9440,09	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,85	70	18	7,03	5153,00	1150	1,0195	0,9500	No cumple
2	2,84	80	16	8,04	3216,99	1150	1,8403	0,9467	No cumple
3	2,83	75	16	7,54	3216,99	1150	1,7011	0,9433	No cumple
4	2,81	81	14,5	8,14	2169,91	1150	2,6476	0,9367	No cumple
5	2,80	61	13	6,13	1401,98	1150	3,0423	0,9333	No cumple
6	2,79	34	15	3,42	2485,05	1150	0,9431	0,9300	No cumple
7	2,79	25	11,5	2,51	858,54	1150	2,0071	0,9300	No cumple
8	2,78	17	12	1,66	1017,88	1150	1,1014	0,9267	No cumple

Conclusión:

En este forjado no cumplen las vigas.

18. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,30	42	18	Carcoma (10cm), partida	0	ME-1
2	2,30	68	12	Carcoma (1cm), fenda hacia el centro (2,5cm)	9,5	ME-1
3	2,30	52	13,5	Carcoma (1cm)	12,5	ME-1
4	2,30	65	20	Carcoma (1cm), fenda vertical (1,5cm)	18,5	ME-1
5	2,30	69	23	Muchos nudos, carcoma (1cm)	22	ME-1
6	2,30	67	19	Carcoma (1cm), fenda hacia el centro (3cm)	16	ME-1
7	2,30	65	18,5	Carcoma (1cm)	17,5	ME-1
8	2,30	61	17	Carcoma (1cm), fenda vertical (1cm)	16	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN-m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,30	42	0	-	-	-	-	-	No cumple
2	2,30	68	9,5	6,83	4,52	0,00008	53671,07	12461,54	No cumple
3	2,30	52	12,5	5,22	3,45	0,00019	18016,71	12461,54	No cumple
4	2,30	65	18,5	6,53	4,32	0,00062	6947,05	12461,54	Cumple
5	2,30	69	22	6,93	4,58	0,00105	4385,14	12461,54	Cumple
6	2,30	67	16	6,73	4,45	0,00040	11069,22	12461,54	Cumple
7	2,30	65	17,5	6,53	4,32	0,00053	8207,32	12461,54	Cumple
8	2,30	61	16	6,13	4,05	0,00040	10077,95	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,30	42	0	-	-	-	-	-	No cumple
2	2,30	68	9,5	6,83	399,82	1150	5,4142	0,7667	No cumple
3	2,30	52	12,5	5,22	1198,42	1150	1,3813	0,7667	No cumple
4	2,30	65	18,5	6,53	5749,85	1150	0,3599	0,7667	Cumple
5	2,30	69	22	6,93	11499,01	1150	0,1910	0,7667	Cumple
6	2,30	67	16	6,73	3216,99	1150	0,6630	0,7667	Cumple
7	2,30	65	17,5	6,53	4603,86	1150	0,4494	0,7667	Cumple
8	2,30	61	16	6,13	3216,99	1150	0,6036	0,7667	Cumple

Conclusión:

En este forjado no cumplen las vigas 1, 2 y 3.

19. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,30	41	13	Fenda hacia el centro (3,5cm)	9,5	ME-1
2	2,31	39	15	Carcoma (1cm), fenda horizontal por un clavo (1,5cm)	13,5	ME-1
3	2,32	49	17	Fenda vertical (3cm)	17	ME-1
4	2,33	45	13	Buen estado	13	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN-m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,30	41	9,5	4,12	2,72	0,00008	32360,50	12461,54	No cumple
2	2,31	39	13,5	3,92	2,61	0,00024	10820,16	12461,54	Cumple
3	2,32	49	17	4,92	3,31	0,00048	6867,08	12461,54	Cumple
4	2,33	45	13	4,52	3,07	0,00022	14224,62	12461,54	No cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,30	41	9,5	4,12	399,82	1150	3,2644	0,7667	No cumple
2	2,31	39	13,5	3,92	1630,44	1150	0,7748	0,7700	No cumple
3	2,32	49	17	4,92	4099,83	1150	0,3939	0,7733	Cumple
4	2,33	45	13	4,52	1401,98	1150	1,0761	0,7767	No cumple

Conclusión:

En este forjado solo cumple la viga 3.

26. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
----	---------	------------------	--------	---------------	-------------	---------------

1	2,36	27	18	Fenda hacia el centro (1,5cm)	15	ME-1
2	2,53	53	16	Buen estado	16	ME-1
3	2,50	52	16	Buen estado	16	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,36	27	15	2,71	1,89	0,00033	5699,81	12461,54	Cumple
2	2,53	53	16	5,32	4,26	0,00040	10595,06	12461,54	Cumple
3	2,50	52	14	5,22	4,08	0,00027	15151,16	12461,54	No cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (kN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,36	27	15	2,71	2485,05	1150	0,3834	0,7867	Cumple
2	2,53	53	16	5,32	3216,99	1150	0,7679	0,8433	Cumple
3	2,50	52	14	5,22	1885,74	1150	1,2253	0,8333	No cumple

Conclusión:

En este forjado no cumple la viga 3.

27. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Este forjado se encuentra tapado por un falso techo y no se ha podido estudiar.

28. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	3,03	43	13	Carcoma (1cm)	12	ME-1
2	3,04	52	14	Mancha de sales de orina, fenda hacia el centro (1,5cm)	12,5	ME-1
3	3,05	59	20	Muchos nudos, fenda horizontal (3cm)	17	ME-1
4	3,06	38	13	Fenda horizontal (2cm)	12	ME-1
5	3,07	40	16	Clavo grande (4cm)	12	ME-1
6	3,08	45	16	Fenda horizontal por clavos por los dos lados (4cm)	12	ME-1
7	3,09	41	16	Carcoma (1cm), fenda vertical (1,5cm)	15	ME-1

8	3,09	39	13	Buen estado	13	ME-1
9	3,10	40	14	Buen estado	14	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (kN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	3,03	43	12	4,32	1017,88	1150	4,0506	1,0100	No cumple
2	3,04	52	12,5	5,22	1198,42	1150	4,2157	1,0133	No cumple
3	3,05	59	17	5,93	4099,83	1150	1,4167	1,0167	No cumple
4	3,06	38	12	3,82	1017,88	1150	3,7235	1,0200	No cumple
5	3,07	40	12	4,02	1017,88	1150	3,9710	1,0233	No cumple
6	3,08	45	12	4,52	1017,88	1150	4,5258	1,0267	No cumple
7	3,09	41	15	4,12	2485,05	1150	1,7110	1,0300	No cumple
8	3,09	39	13	3,92	1401,98	1150	2,8849	1,0300	No cumple
9	3,10	40	14	4,02	1885,74	1150	2,2284	1,0333	No cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	3,03	43	12	4,32	4,96	0,00017	29225,13	12461,54	No cumple
2	3,04	52	12,5	5,22	6,04	0,00019	31475,09	12461,54	No cumple
3	3,05	59	17	5,93	6,89	0,00048	14290,63	12461,54	No cumple
4	3,06	38	12	3,82	4,47	0,00017	26340,82	12461,54	No cumple
5	3,07	40	12	4,02	4,73	0,00017	27908,69	12461,54	No cumple
6	3,08	45	12	4,52	5,36	0,00017	31602,16	12461,54	No cumple
7	3,09	41	15	4,12	4,92	0,00033	14837,94	12461,54	No cumple
8	3,09	39	13	3,92	4,68	0,00022	21681,93	12461,54	No cumple
9	3,10	40	14	4,02	4,83	0,00027	17920,32	12461,54	No cumple

Conclusión:

En este forjado no cumplen las vigas.

29. Forjado de vigas de madera con entrevigado de losa de piedra y yeso

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,31	66	15	Hongos de pudrición, carcoma (1cm)	13	ME-1
2	2,30	53	14	Hongos de pudrición, carcoma (1cm)	12	ME-1
3	2,30	51	16	Hongos de pudrición, carcoma (1cm)	14	ME-1
4	2,29	55	21	Hongos de pudrición, fenda vertical (2cm), carcoma (1cm)	19	ME-1

5	2,29	50	16	Hongos de pudrición poco, carcoma (1cm), clavos (4cm)	12	ME-1
6	2,29	48	16	Hongos de pudrición poco, fenda hacia el centro (2,5cm)	13,5	ME-1
7	2,28	47	13,5	Hongos de pudrición poco, fenda hacia el centro (3cm)	10,5	ME-1
8	2,28	31	15	Fenda horizontal (1cm)	14	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN-m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,31	66	13	6,63	4,42	0,00022	20506,16	12461,54	No cumple
2	2,30	53	12	5,32	3,52	0,00017	20755,55	12461,54	No cumple
3	2,30	51	14	5,12	3,39	0,00027	12577,32	12461,54	No cumple
4	2,29	55	19	5,53	3,62	0,00067	5379,22	12461,54	Cumple
5	2,29	50	12	5,02	3,29	0,00017	19410,81	12461,54	No cumple
6	2,29	48	13,5	4,82	3,16	0,00024	13087,52	12461,54	No cumple
7	2,28	47	10,5	4,72	3,07	0,00011	26998,91	12461,54	No cumple
8	2,28	31	14	3,11	2,02	0,00027	7512,66	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,31	66	13	6,63	1401,98	1150	1,5248	0,7700	No cumple
2	2,30	53	12	5,32	1017,88	1150	1,6576	0,7667	No cumple
3	2,30	51	14	5,12	1885,74	1150	0,8609	0,7667	No cumple
4	2,29	55	19	5,53	6397,12	1150	0,2690	0,7633	Cumple
5	2,29	50	12	5,02	1017,88	1150	1,5367	0,7633	No cumple
6	2,29	48	13,5	4,82	1630,44	1150	0,9210	0,7633	No cumple
7	2,28	47	10,5	4,72	596,66	1150	2,4215	0,7600	No cumple
8	2,28	31	14	3,11	1885,74	1150	0,5054	0,7600	Cumple

Conclusión:

En este forjado solo cumplen las vigas 4 y 8.

2.2.3 Cálculo de la resistencia de las cubiertas

21. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,90	48	19	Pintada, fenda oblicua (1,5cm)	16	ME-1
2	2,86	52	14	Pintada	14	ME-1

3	2,82	56	16	Pintada	16	ME-1
4	2,77	55	15	Pintada, fenda horizontal (1cm)	14	ME-1
5	2,73	52	16	Pintada	16	ME-1
6	2,69	66	17	Pintada, fenda vertical (2cm)	17	ME-1
7	2,64	59	16	Pintada	16	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN-m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,90	48	16	2,30	2,42	0,00040	6012,76	12461,54	Cumple
2	2,86	52	14	3,25	3,32	0,00027	12335,06	12461,54	Cumple
3	2,82	56	16	3,40	3,38	0,00040	8404,80	12461,54	Cumple
4	2,77	55	14	3,26	3,13	0,00027	11606,55	12461,54	Cumple
5	2,73	52	16	3,10	2,89	0,00040	7181,86	12461,54	Cumple
6	2,69	66	17	2,82	2,55	0,00048	5288,31	12461,54	Cumple
7	2,64	59	16	3,02	2,63	0,00040	6542,82	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,90	48	16	2,30	3216,99	1150	0,5725	0,9667	Cumple
2	2,86	52	14	3,25	1885,74	1150	1,3056	0,9533	No cumple
3	2,82	56	16	3,40	3216,99	1150	0,7568	0,9400	Cumple
4	2,77	55	14	3,26	1885,74	1150	1,1524	0,9233	No cumple
5	2,73	52	16	3,10	3216,99	1150	0,6060	0,9100	Cumple
6	2,69	66	17	2,82	4099,83	1150	0,4078	0,8967	Cumple
7	2,64	59	16	3,02	3216,99	1150	0,5163	0,8800	Cumple

Conclusión:

En esta cubierta las únicas vigas que no cumplen son las numeradas como 2 y 4.

22. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	3,92	62	14	Encalada, humedad en la punta	14	ME-1*
2	3,92	54	15	Encalada, humedades	15	ME-1*
3	3,92	62	15	Encalada	15	ME-1
4	3,92	52	15	Encalada	15	ME-1
5	3,92	57	15	Encalada	15	ME-1
6	3,92	56	14	Encalada	14	ME-1

7	3,92	47	12	Encalada	12	ME-1
8	3,92	50	12	Encalada	12	ME-1
9	3,92	39	12	Encalada	12	ME-1

*Aparentemente tienen un buen estado, además el estar encalada habrá evitado la proliferación de hongos.

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	3,92	62	14,00	3,10	5,95	0,00027	22103,44	12461,54	No cumple
2	3,92	54	15,00	4,26	8,18	0,00033	24695,51	12461,54	No cumple
3	3,92	62	15,00	5,06	9,72	0,00033	29333,17	12461,54	No cumple
4	3,92	52	15,00	4,23	8,12	0,00033	24521,60	12461,54	No cumple
5	3,92	57	15,00	4,70	9,03	0,00033	27246,22	12461,54	No cumple
6	3,92	56	14,00	4,52	8,68	0,00027	32228,24	12461,54	No cumple
7	3,92	47	12,00	4,07	7,82	0,00017	46082,17	12461,54	No cumple
8	3,92	50	12,00	4,14	7,95	0,00017	46874,74	12461,54	No cumple
9	3,92	39	12,00	3,81	7,32	0,00017	43138,35	12461,54	No cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	3,92	62	14	3,10	1885,74	1150	4,3951	1,3067	No cumple
2	3,92	54	15	4,26	2485,05	1150	4,5831	1,3067	No cumple
3	3,92	62	15	5,06	2485,05	1150	5,4438	1,3067	No cumple
4	3,92	52	15	4,23	2485,05	1150	4,5508	1,3067	No cumple
5	3,92	57	15	4,70	2485,05	1150	5,0565	1,3067	No cumple
6	3,92	56	14	4,52	1885,74	1150	6,4083	1,3067	No cumple
7	3,92	47	12	4,07	1017,88	1150	10,6902	1,3067	No cumple
8	3,92	50	12	4,14	1017,88	1150	10,8740	1,3067	No cumple

Conclusión:

En esta cubierta no cumple ninguna viga.

23. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2). Esta cubierta está oculta por placas de escayola, pero las vigas se han podido estudiar ya que sobresalen por la estancia contigua.

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Øútil (cm)	Clasificación
1	2,85	31	18	Buen estado	18	ME-1
2	2,79	50	16	Buen estado	16	ME-1
3	2,74	48	15	Buen estado	15	ME-1

4	2,70	52	16	Buen estado	16	ME-1
5	2,65	60	17	Buen estado	17	ME-1
6	2,61	64	18	Buen estado	18	ME-1
7	2,55	58	18	Buen estado	18	ME-1
8	2,50	44	16	Buen estado	16	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,85	31	18	2,28	2,31	0,00057	4043,13	12461,54	Cumple
2	2,79	50	16	3,16	3,07	0,00040	7646,20	12461,54	Cumple
3	2,74	48	15	2,97	2,79	0,00033	8411,90	12461,54	Cumple
4	2,70	52	16	3,18	2,90	0,00040	7206,18	12461,54	Cumple
5	2,65	60	17	3,67	3,22	0,00048	6679,15	12461,54	Cumple
6	2,61	64	18	3,84	3,27	0,00057	5710,90	12461,54	Cumple
7	2,55	58	18	3,44	2,80	0,00057	4883,50	12461,54	Cumple
8	2,50	44	16	2,57	2,01	0,00040	4993,02	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,85	31	18	2,28	5153,00	1150	0,3305	0,9500	Cumple
2	2,79	50	16	3,16	3216,99	1150	0,6739	0,9300	Cumple
3	2,74	48	15	2,97	2485,05	1150	0,7627	0,9133	Cumple
4	2,70	52	16	3,18	3216,99	1150	0,5948	0,9000	Cumple
5	2,65	60	17	3,67	4099,83	1150	0,4998	0,8833	Cumple
6	2,61	64	18	3,84	5153,00	1150	0,3915	0,8700	Cumple
7	2,55	58	18	3,44	5153,00	1150	0,3196	0,8500	Cumple
8	2,50	44	16	2,57	3216,99	1150	0,3533	0,8333	Cumple

Conclusión:

Esta cubierta se encuentra en buen estado por lo que no es necesario intervenir en ella.

24. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Øútil (cm)	Clasificación
8	2,89	40	14	Pintada	14	ME-1ME-1
9	2,79	45	14	Pintada	14	ME-1
10	2,75	64	16	Pintada, humedad, muchos nudos	16	ME-1
11	2,71	66	18	Pintada, humedad	18	ME-1
12	2,66	59	16	Pintada, humedad	16	ME-1

13	2,63	54	15	Pintada, humedad, muchos nudos	15	ME-1
14	2,59	62	16	Pintada, humedad	16	ME-1
15	2,37	52	19	Pintada	19	ME-1
16	2,53	52	18	Pintada	18	ME-1
17	3,25	54	20	Pintada	20	ME-1
18	3,25	64	20	Pintada	20	ME-1
19	0,49	52*	13	Pintada, humedad	13	ME-1
20	0,46	52*	12	Pintada, humedad	12	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN-m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
8	2,89	40	14	2,78	2,90	0,00027	10773,74	12461,54	Cumple
9	2,79	45	14	3,06	2,98	0,00027	11052,38	12461,54	Cumple
10	2,75	64	16	3,40	3,21	0,00040	7992,72	12461,54	Cumple
11	2,71	66	18	3,10	2,85	0,00057	4970,42	12461,54	Cumple
12	2,66	59	16	3,50	3,10	0,00040	7698,06	12461,54	Cumple
13	2,63	54	15	3,10	2,68	0,00033	8089,27	12461,54	Cumple
14	2,71	66	18	3,10	2,85	0,00057	4970,42	12461,54	Cumple
15	2,37	52	19	3,27	2,30	0,00067	3409,52	12461,54	Cumple
16	2,53	54	18	3,00	2,40	0,00057	4192,32	12461,54	Cumple
17	3,25	54	20	3,54	4,67	0,00079	5951,00	12461,54	Cumple
18	3,25	64	20	4,56	6,02	0,00079	7665,70	12461,54	Cumple
19	0,49	-	13	0,10	0,00	0,00022	13,91	12461,54	Cumple
20	0,46	-	12	0,01	0,00	0,00017	1,56	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
8	2,89	40	14	2,78	1885,74	1150	1,1644	0,9633	No cumple
9	2,79	45	14	3,06	1885,74	1150	1,1133	0,9300	No cumple
10	2,75	64	16	3,40	3216,99	1150	0,6844	0,9167	Cumple
11	2,71	66	18	3,10	5153,00	1150	0,3674	0,9033	Cumple
12	2,66	59	16	3,50	3216,99	1150	0,6167	0,8867	Cumple
13	2,63	54	15	3,10	2485,05	1150	0,6758	0,8767	Cumple
14	2,71	66	18	3,10	5153,00	1150	0,3674	0,9033	Cumple
15	2,37	52	19	3,27	6397,12	1150	0,1826	0,7900	Cumple
16	2,53	54	18	3,00	5153,00	1150	0,2701	0,8433	Cumple
17	3,25	54	20	3,54	7853,98	1150	0,5694	1,0833	Cumple
18	3,25	64	20	4,56	7853,98	1150	0,7334	1,0833	Cumple
19	0,49	-	13	0,10	1401,98	1150	0,0000	0,1633	Cumple
20	0,46	-	12	0,01	1017,88	1150	0,0000	0,1533	Cumple

Conclusión:

En esta cubierta las únicas vigas que no cumplen son las numeradas como 8 y 9.

25. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	3,77	84	22	Fenda horizontal (6cm)	16	ME-1
2	3,80	50	14	Fenda oblicua (2cm)	10	ME-1
3	3,84	62	15	Muchos nudos	15	ME-1
4	3,87	55	19	Carcoma (1cm), fenda vertical (1,5cm) y horizontal (1,5cm)	15,5	ME-1
5	3,90	51	20,5	Carcoma (6cm), muchos nudos	14,5	ME-1
6	3,94	49	15	Buen estado	15	ME-1
7	3,96	63	25	Carcoma (1,5cm), fenda horizontal (3cm)	19	ME-1
8	3,99	41	10	Fenda hacia el centro (2cm), carcoma (1cm)	7	ME-1
9	3,99	30	10	Buen estado	10	ME-1
10	4,00	30	10	Muchos nudos	10	ME-1
11	1,44	36	7,5	Buen estado	7,5	ME-1
12	1,15	34	8	Buen estado	8	ME-1
13	0,70	72	10	Buen estado	10	ME-1
14	0,65	57	9	Buen estado	9	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN-m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
2	3,77	84	10	4,00	7,11	0,00010	72385,71	12461,54	No cumple
3	3,84	62	15	4,70	8,66	0,00033	26145,48	12461,54	No cumple
4	3,87	55	15,5	5,00	9,36	0,00037	25603,95	12461,54	No cumple
5	3,90	51	14,5	4,44	8,44	0,00030	28204,49	12461,54	No cumple
6	3,94	49	15	4,10	7,96	0,00033	24011,13	12461,54	No cumple
7	3,96	63	19	5,05	9,90	0,00067	14700,46	12461,54	No cumple
8	3,99	51	7	3,40	6,77	0,00003	200928,11	12461,54	No cumple
9	3,99	30	10	2,31	4,60	0,00010	46823,93	12461,54	No cumple
10	4,00	30	10	4,61	9,22	0,00010	93914,15	12461,54	No cumple
11	1,44	36	7,5	2,00	0,52	0,00004	12516,45	12461,54	No cumple
12	1,15	34	8	1,67	0,28	0,00005	5492,28	12461,54	Cumple
13	0,70	72	10	5,92	0,36	0,00010	3693,41	12461,54	Cumple
14	0,65	57	9	5,62	0,30	0,00007	4147,11	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
2	3,77	84	10	4,00	490,87	1150	18,6379	1,2567	No cumple
3	3,84	62	15	4,70	2485,05	1150	4,6562	1,2800	No cumple
4	3,87	55	15,5	5,00	2833,33	1150	4,4819	1,2900	No cumple
5	3,90	51	14,5	4,44	2169,91	1150	5,3597	1,3000	No cumple
6	3,94	49	15	4,10	2485,05	1150	4,5017	1,3133	No cumple
7	3,96	63	19	5,05	6397,12	1150	2,1980	1,3200	No cumple
8	3,99	51	7	3,40	117,86	1150	82,7846	1,3300	No cumple
9	3,99	30	10	2,31	490,87	1150	13,5044	1,3300	No cumple
10	4,00	30	10	4,61	490,87	1150	27,2215	1,3333	No cumple
11	1,44	36	7,5	2,00	155,32	1150	0,6269	0,4800	No cumple
12	1,15	34	8	1,67	201,06	1150	0,1645	0,3833	Cumple
13	0,70	72	10	5,92	490,87	1150	0,0328	0,2333	Cumple
14	0,65	57	9	5,62	322,06	1150	0,0353	0,2167	Cumple

Conclusión:

En esta cubierta las únicas vigas que cumplen son las numeradas como 12, 13 y 14.

30. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	2,40	27	18	Carcoma (3cm), fenda horizontal (2cm) y vertical (2cm)	15	ME-1
2	2,41	37	20	Carcoma (1cm), fenda oblicua (1cm)	18	ME-1
3	2,42	35	20	Fenda vertical (2cm)	20	ME-1
4	2,43	41	18	Fenda vertical (3cm)	18	ME-1
5	2,44	39	19	Carcoma (1cm)	18	ME-1
6	2,45	42	17	Carcoma (1cm)	16	ME-1
7	2,46	27	18	Carcoma (9cm)	9	ME-2

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
1	2,40	28	15	1,64	1,18	0,00033	3563,71	12461,54	Cumple
2	2,41	37	18	1,94	1,41	0,00057	2459,96	12461,54	Cumple
3	2,42	35	20	2,16	1,58	0,00079	2013,28	12461,54	Cumple
4	2,43	41	18	2,31	1,71	0,00057	2977,95	12461,54	Cumple
5	2,44	39	18	2,32	1,73	0,00057	3015,51	12461,54	Cumple
6	2,45	42	16	2,30	1,73	0,00040	4291,51	12461,54	Cumple
7	2,46	27	9	1,36	1,03	0,00007	14374,47	8307,69	No cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,40	28	15	1,64	2485,05	1150	0,2479	0,8000	Cumple
2	2,41	37	18	1,94	5153,00	1150	0,1438	0,8033	Cumple
3	2,42	35	20	2,16	7853,98	1150	0,1068	0,8067	Cumple
4	2,43	41	18	2,31	5153,00	1150	0,1770	0,8100	Cumple
5	2,44	39	18	2,32	5153,00	1150	0,1807	0,8133	Cumple
6	2,45	42	16	2,30	3216,99	1150	0,2917	0,8167	Cumple
7	2,46	27	9	1,36	322,06	1150	1,7510	0,8200	No cumple

Conclusión:

En esta cubierta la única viga que no cumple es la número 7.

31. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Esta cubierta se encuentra oculta por placas de escayola. Para el descenso de cargas se ha considerado que son vigas con un diámetro de 18cm y con un intereje de 50cm. Las vigas son de madera de pino.

32. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación
1	1,87	29	22	Carcoma (2,5cm), fenda horizontal (1cm), sucio de hollín	16	ME-1
2	1,87	78	17	Fenda vertical (2cm), carcoma (1cm), sucio de hollín	15	ME-1
3	1,87	59	15	Carcoma (1cm), sucio de hollín	13	ME-1
4	1,87	60	15	Fenda horizontal (2cm) y vertical (3cm), carcoma (1cm)	12	ME-1
5	1,87	71	17	Carcoma (1cm), sucio de hollín	15	ME-1
6	2,87	182	22	Fenda oblicua (3cm), carcoma (2cm)	14	ME-1
7	1,58	23	18	Buen estado	18	ME-1
8	1,58	52	11	Carcoma (1cm), fenda horizontal (1cm)	9	ME-1
9	1,57	53	12	Carcoma (1cm), fenda horizontal (1,5cm)	9,5	ME-1
10	1,56	57	13	Carcoma (1cm), fenda vertical (1,5cm)	11	ME-1
11	1,55	34	14	Carcoma (1cm), fenda horizontal (2cm) y vertical (3cm)	11	ME-1
12	1,54	54	17	Carcoma (1cm), fenda oblicua (1cm)	13	ME-1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	1,93	39	16	2,91	1,35	0,00040	3369,44	12461,54	Cumple
2	1,87	82	15	2,40	1,05	0,00033	3166,14	12461,54	Cumple
3	1,87	59	13	1,93	0,84	0,00022	3911,30	12461,54	Cumple
4	1,87	59	12	3,64	1,59	0,00017	9378,88	12461,54	Cumple
5	1,87	65	15	3,92	1,71	0,00033	5171,37	12461,54	Cumple
6	2,87		14	8,60	8,85	0,00027	32869,13	12461,54	No cumple
7	1,58	27	18	1,46	0,46	0,00057	795,72	12461,54	Cumple
8	1,58	59	9	2,83	0,88	0,00007	12339,09	12461,54	Cumple
9	1,57	54	9,5	2,58	0,79	0,00008	9444,05	12461,54	Cumple
10	1,56	56	11	2,70	0,82	0,00013	6285,58	12461,54	Cumple
11	1,55	37	11	1,82	0,55	0,00013	4182,80	12461,54	Cumple
12	1,54	20	13	4,00	1,19	0,00022	5497,71	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	1,93	39	16	2,91	3216,99	1150	0,1421	0,6433	Cumple
2	1,87	82	15	2,40	2485,05	1150	0,1337	0,6233	Cumple
3	1,87	59	13	1,93	1401,98	1150	0,1906	0,6233	Cumple
4	1,87	59	12	3,64	1017,88	1150	0,4951	0,6233	Cumple
5	1,87	65	15	3,92	2485,05	1150	0,2184	0,6233	Cumple
6	2,87	-	14	8,60	1885,74	1150	3,5034	0,9567	No cumple
7	1,58	27	18	1,46	5153,00	1150	0,0200	0,5267	Cumple
8	1,58	59	9	2,83	322,06	1150	0,6200	0,5267	No cumple
9	1,57	54	9,5	2,58	399,82	1150	0,4439	0,5233	Cumple
10	1,56	56	11	2,70	718,69	1150	0,2519	0,5200	Cumple
11	1,55	37	11	1,82	718,69	1150	0,1655	0,5167	Cumple
12	1,54	20	13	4,00	1401,98	1150	0,1817	0,5133	Cumple

Conclusión:

En esta cubierta las únicas vigas que no cumplen son las numeradas como 6 y 8.

33. Cubierta de teja árabe, tierra, cañizo y vigas de madera

Las vigas son de madera de pino, a continuación se explica las características de cada viga (luz, entrevigado y diámetro), las lesiones que se han observado, el canto útil que se considera para el cálculo de la resistencia y la clasificación según la UNE 56544 Clasificación visual de la madera aserrada para su uso estructural (ME-1 y ME-2).

Nº	Luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø (cm)	Observaciones	Ø útil (cm)	Clasificación (1-3)
1	2,97	173	22	Carcoma (2cm)	20	1
2	1,56	129	16	Fenda horizontal (2cm)	14	1
3	2,35	49	22	Carcoma (1cm), fenda horizontal (1,5cm), nudos grandes	19,5	1

4	2,42	79	21	Humedad	21	1
5	2,43	95	22	Carcoma (1cm), fenda vertical (1,5cm) y horizontal (1,5cm)	19,5	1
6	2,45	125	20	Carcoma (2cm), fenda horizontal (3cm)	15	1
7	2,46	122	22	Carcoma (1cm), fenda horizontal (2,5cm)	18,5	1
8	2,31	69*	22	Buen estado	22	1
9	1,26	160	22	Buen estado	22	1

Cálculo de la flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,97	44	20	6,70	7,39	0,00079	9406,06	12461,54	Cumple
2	1,56	20	14	2,80	0,85	0,00027	3161,79	12461,54	Cumple
3	2,35	57	19,5	4,80	3,31	0,00073	4551,80	12461,54	Cumple
4	2,42	112	21	7,43	5,44	0,00091	5982,35	12461,54	Cumple
5	2,43	135	19,5	8,50	6,27	0,00073	8618,62	12461,54	Cumple
6	2,45	112	15	6,70	5,03	0,00033	15172,02	12461,54	No cumple
7	2,46	72	18,5	4,50	3,40	0,00062	5476,18	12461,54	Cumple
8	2,31	52	22	3,50	2,33	0,00105	2233,23	12461,54	Cumple
9	1,26	20	22	8,81	1,75	0,00105	1672,47	12461,54	Cumple

Cálculo de la flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,97	44	20	6,70	7853,98	1150	0,7515	0,9900	Cumple
2	1,56	20	14	2,80	1885,74	1150	0,0996	0,5200	Cumple
3	2,35	57	19,5	4,80	7097,55	1150	0,2335	0,7833	Cumple
4	2,42	112	21	7,43	9546,56	1150	0,3022	0,8067	Cumple
5	2,43	135	19,5	8,50	7097,55	1150	0,4728	0,8100	Cumple
6	2,45	112	15	6,70	2485,05	1150	1,0999	0,8167	No cumple
7	2,46	72	18,5	4,50	5749,85	1150	0,3245	0,8200	Cumple
8	2,31	52	22	3,50	11499,01	1150	0,0981	0,7700	Cumple
9	1,26	20	22	8,81	11499,01	1150	0,0219	0,4200	Cumple

Conclusión:

En esta cubierta la única viga que no cumple es la número 6.

Comportamiento térmico

1. Cumplimiento de la normativa

1.1 Cumplimiento de la limitación de demanda energética (CTE DB-HE-1)

Según el Documento Básico DB-HE-1, el estudio del cumplimiento de la limitación de la demanda energética se puede calcular de dos formas: la simplificada y la general. Debido a que la general requiere la utilización de una aplicación informática proporcionada por el Ministerio de la Vivienda, LIDER, en este caso se utilizara la opción simplificada.

La forma simplificada está basada en el control indirecto de la demanda energética del edificio mediante la limitación de los parámetros característicos de sus cerramientos y particiones interiores. Se deben cumplir las cinco verificaciones siguientes:

1. Verificación de que la transmitancia de cada cerramiento es menor a la transmitancia máxima exigida.
2. Verificación de que la transmitancia media de cada tipología de cerramiento es menos que la transmitancia límite exigida.
3. Verificación del factor solar de las aberturas.
4. Verificación de que la permeabilidad al aire de las carpinterías es menor a la exigida.
5. Verificación de que no existe riesgo de condensaciones superficiales.
6. Verificación y control de las condensaciones intersticiales.

1. VERIFICACIÓN DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA $U < U_{m\acute{a}x}$

La transmitancia máxima depende de la zona climática donde se encuentre el edificio y del cerramiento que se esté estudiando. Con estos parámetros se pueden obtener en la Tabla 2.1 de la normativa los valores de la $U_{m\acute{a}x}$. A continuación se muestra dicha tabla:

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

La determinación de la zona climática se realiza en función de las tablas contenidas en el apéndice D de dicha normativa. La localidad en estudio, La Ginebrosa, se encuentra en la provincia de Teruel a 700m de

altitud. Al ser una altitud inferior a la de la capital de provincia, se toma el valor de la zona climática de la capital, que es D2. De modo que los valores de referencia son los de la columna D (enmarcados en la tabla anterior).

Cálculo de los cerramientos en contacto con el aire exterior

La transmitancia U ($W / m^2 \cdot K$) de los cerramientos es la inversa de la resistencia R_T ($m^2 \cdot K / W$) de estos. La resistencia del cerramiento es la suma de las resistencias (R_n) de cada uno de los materiales que componen dicho cerramiento, por lo que:

$$U = 1/R_T$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se}$$

En la que R_1, R_2, \dots, R_n son las resistencias térmicas de cada una de las capas y R_{si} y R_{se} son las resistencias térmicas superficiales interior y exterior, respectivamente, en función de la posición del cerramiento, la dirección el flujo de calor y su situación en el edificio. La resistencia térmica de cada una de las capas se obtiene del cociente entre el espesor “e” expresado en metros de la capa entre la conductividad térmica λ ($W / m \cdot K$) del material:

$$R = e / \lambda$$

El valor de λ se ha obtenido en el *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*. Los valores de las resistencias térmicas superficiales R_{si} y R_{se} se obtienen en la Tabla E.1 de la normativa:

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m²K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

En el cálculo de algunos de los cerramientos se necesita la resistencia de las cámaras de aire sin ventilar. Para dichas cámaras la normativa también ofrece una tabla con las resistencias térmicas en función de si se trata de cámaras horizontales o verticales y su espesor:

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en m² K/W

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Para los muros enterrados el cálculo es diferente ya que no se suma la resistencia superficial a la resistencia total y después, según la resistencia total de los materiales (R_m), se consulta en la tabla E.5 la transmitancia térmica (U_T). También depende de la profundidad enterrada del muro (z), que en este caso es de 2m. A

continuación se muestra dicha tabla:

Tabla E.5 Transmitancia térmica de muros enterrados U_T en $W/m^2 K$

R_m ($m^2 K/W$)	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

La U máxima que debe cumplir es la misma que para los suelos, que en este caso es de 0,64.

2. VERIFICACIÓN TRANSMITANCIA MEDIA $U < U_{lim}$

De igual modo, en función de la zona climática y de los diferentes cerramientos y particiones interiores, la normativa ofrece unos valores máximos que la transmitancia térmica media de todos los cerramientos debe cumplir. Dichos valores se obtienen en la tabla 2.2 de la normativa, para cada una de las zonas climáticas. En este caso, para la zona climática D2:

ZONA CLIMÁTICA D2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,66 W/m^2 K$
 Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,49 W/m^2 K$
 Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,38 W/m^2 K$
 Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Llim}: 0,31$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ U_{Hlim} $W/m^2 K$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}			
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja		Carga interna alta	
					E/O	S	SE/SO	E/O
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	0,58	0,61
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	0,46	0,49
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	-	0,61	0,38	0,54
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,49	-	0,53	0,33

La verificación de estos valores medios debe hacerse por separado para cada una de las orientaciones de las fachadas y sus huecos. Así mismo, se debe tener en cuenta para el cálculo de estos valores medios, la repercusión de los puentes térmicos integrados. Para el cálculo de estos puentes térmicos se ofrece el cálculo unidimensional.

El cálculo de la transmitancia límite U_{lim} se realiza según la siguiente expresión:

$$U_{lim} = \sum U \cdot S / \sum S$$

La transmitancia límite depende del porcentaje de huecos existente en fachada y de su orientación. Para el cálculo de su transmitancia se debe tener en cuenta la transmitancia de marco y de vidrio. El procedimiento para el cálculo de los huecos se realiza según la expresión siguiente:

$$U_H = (1-FM) \cdot U_{H,V} + FM \cdot U_{H,m}$$

Donde FM es el cociente de la superficie del marco entre la superficie total del hueco, $U_{H,V}$ es la transmitancia térmica del vidrio y $U_{H,m}$ es la transmitancia térmica del marco.

3. VERIFICACIÓN DEL FACTOR SOLAR DE LOS HUECOS

Esta verificación solo se hace en caso de fachada orientada a E, O, SE, So con huecos mayores al 40%. La fachada del edificio en estudio está orientada al SE:

$$(S_{huecos} / S_{fachada}) \cdot 100 \\ (1,71 m^2 / 76,68 m^2) \cdot 100 = 28,31\%$$

En este caso el porcentaje de huecos respecto a la fachada es de 28,31%, por lo que no es necesario realizar esta verificación.

4. VERIFICACIÓN DE QUE LA PERMEABILIDAD AL AIRE DE LAS CARPINTERÍAS ES MENOR A LA EXIGIDA

Las carpinterías de los huecos (ventanas, puertas y lucernarios) de los cerramientos se caracterizan por su permeabilidad al aire.

La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los cerramientos que limitan los espacios habitables de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican que, según la zonificación climática establecida en el apartado 3.1.1, es D.

La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, debe ser inferior al valor máximo que por ser zona D es de **27m³/h m²**.

5. VERIFICACIONES DE CONDENSACIONES SUPERFICIALES

Esta verificación es necesaria para los encuentros de diferentes materiales entre paramentos exteriores. En el edificio en estudio no hay ningún encuentro conflictivo en el que pueda darse condensaciones superficiales, por lo que no es necesaria esta verificación.

6. VERIFICACIÓN Y CONTROL DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES

Esta verificación consiste en asegurar que no se condense agua en el interior del cerramiento. Para ello se debe calcular la temperatura en cada capa del cerramiento y compararla con la temperatura de saturación de agua. Partiendo de las condiciones climáticas siguientes:

	T (°C)	Hr (%)	Presión (mbar)
interior	20,00	55	13
exterior	3,80	72	5,8

La fórmula para saber la temperatura superficial en cada una de las capas es:

$$T_{si} = T_{si-1} - ((r_i(T_{int} - T_{ext})) / R_T)$$

Donde:

T_{si-1} es la temperatura de la capa inmediatamente interior,
 r_i es la resistencia de cada capa (obtenida en la verificación 1),
 T_{int} es la temperatura interior (20 °C)
 T_{ext} es la temperatura exterior (3,8 °C)
 R_T es la resistencia total del cerramiento

La fórmula para saber la presión de vapor de cada capa es:

$$P_n = P_{n-1} + ((Sd_n / \sum Sd_n) \cdot (P_{int} - P_{ext}))$$

Donde:

P_{n-1} es la presión de la capa inmediatamente interior,
 Sd_n es la permeabilidad de la capa obtenida de multiplicar el espesor de la capa, en metros, por el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (adimensional),
 P_{int} es la presión interior, (13 mbar),
 P_{ext} es la presión exterior, (5,8 mbar),
 R_T es la resistencia total del cerramiento en ($W / m^2 \cdot K$).

A partir de la temperatura se puede conocer la presión de saturación, por lo que se ha creado una tabla con las temperaturas que se pueden encontrar en los cerramientos con intervalos de 0,5 °C. La fórmula para conocer la presión de saturación o de rocío a partir de la temperatura es:

$$\text{Para temperaturas inferiores a } 0\text{ °C: } P_{sat} = 610,5^{(21,875 \cdot T) / (265,5 + T)} / 100$$

$$\text{Para temperaturas iguales o superiores a } 0\text{ °C: } P_{sat} = 610,5^{(17,269 \cdot T) / (237,3 + T)} / 100$$

La tabla con los valores de cada temperatura y su presión de saturación es la siguiente:

Trocio (°C)	Psat (mbar)
-0,5	5,86
0	6,11
0,5	6,33
1	6,56
1,5	6,80
2	7,05
2,5	7,31
3	7,57
3,5	7,85
4	8,13
4,5	8,42
5	8,72
5,5	9,03
6	9,35
6,5	9,67
7	10,01
7,5	10,36
8	10,72
8,5	11,09
9	11,47
9,5	11,87
10	12,27
10,5	12,69
11	13,12

1.2 Cumplimiento de la protección frente a la humedad (CTE DB-HS)

Este cumplimiento se aplica a los muros y los suelos que están en contacto con el terreno y a los cerramientos que están en contacto con el aire exterior (fachadas y cubiertas).

Muros

Para la comprobación de los muros, se busca el grado de impermeabilidad en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno		
	$K_a \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_a < 10^{-2}$ cm/s	$K_a \leq 10^{-5}$ cm/s
Alta	5	5	4
Media	3	2	2
Baja	1	1	1

La presencia de agua es baja, por lo que el grado de impermeabilidad mínimo exigido es de 1. Para conocer las condiciones de las soluciones de muro se consulta en la tabla 2.2:

Tabla 2.2 Condiciones de las soluciones de muro

Grado de impermeabilidad	Muro de gravedad			Muro flexorresistente			Muro pantalla		
	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco	Imp. interior	Imp. exterior	Parcialmente estanco
≤1	I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C1+I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C2+I2+D1+D5	C2+I2+D1+D5	
≤2	C3+I1+D1+D3 ⁽³⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤3	C3+I1+D1+D3 ⁽³⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3 ⁽²⁾	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤4		I1+I3+D1+D3	D4+V1		I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
≤5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1 ⁽¹⁾		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1

En el edificio, los muros de contención trabajan por gravedad y no tienen impermeabilizante, por lo que se consideran parcialmente estancos y al ser de grado 1, las condiciones de solución es de V1.

La condición V1 es que el muro requiere una ventilación de 0,7 l/s por cada m² de superficie, repartidos al 50% entre la parte inferior y la coronación del muro a tresbolillo cumpliendo:

$$30 > S_s / A_h > 10$$

Donde S_s es el área de las aberturas en cm², y A_h es el área de la hoja interior en m². La distancia de las aberturas no debe ser mayor que 5m.

Suelos

Para la comprobación de los suelos, se busca el grado de impermeabilidad en la tabla 2.3:

Tabla 2.3 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos

Presencia de agua	Coeficiente de permeabilidad del terreno	
	$K_s > 10^{-3}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-3}$ cm/s
Alta	5	4
Media	4	3
Baja	2	1

Por el tipo de suelo que hay la $K_s > 10^{-5}$ cm/s. La presencia de agua es baja, al igual que en los muros, por lo que el grado de impermeabilidad es de 2.

Las condiciones que la solución del suelo debe cumplir se encuentran en la tabla 2.4:

Tabla 2.4 Condiciones de las soluciones de suelo									
Muro flexorresistente o de gravedad									
Suelo elevado			Solera			Placa			
Sub-base	Inyeccio- nes	Sin inter- vención	Sub-base	Inyeccio- nes	Sin inter- vención	Sub-base	Inyeccio- nes	Sin inter- vención	
Grado de impermeabilidad	≤1		V1		D1	C2+C3+D1		D1	C2+C3+D1
	≤2	C2	V1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1	C2+C3	C2+C3+D1	C2+C3+D1
	≤3	I2+S1+S3+ V1	I2+S1+S3+ V1	I2+S1+S3+ V1+D3+D4	C1+C2+C3 +I2+D1+D2 +S1+S2+S3	C1+C2+C3 +I2+D1+D2 +S1+S2+S3	C2+C3+I2+ D1+D2+C1 +S1+S2+S3	C1+C2+C3 +I2+D1+D2 +S1+S2+S3	C1+C2+I2+ D1+D2+S1 +S2+S3
	≤4	I2+S1+S3+ V1	I2+S1+S3+ V1+D4		C2+C3+I2+ D1+D2+P2+ S1+S2+S3	C2+C3+I2+ D1+D2+P2+ S1+S2+S3	C1+C2+C3+I1+ I2+D1+D2+ D3+D4+P1+ P2+S1+S2+S3	C2+C3+I2+ D1+D2+P2+ S1+S2+S3	C1+C2+C3+ D1+D2+D3+ D4+P1+P2+S1 +S2+S3
	≤5	I2+S1+S3+ V1+D3	I2+P1+S1+ S3+V1+D3		C2+C3+I2+ D1+D2+P2+ S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+ D1+D2+P2+ S1+S2+S3	C2+C3+D1 +I2+D2+P2 +S1+S2+S3	C2+C3+I1+I2+ D1+D2+P2+ S1+S2+S3	C1+C2+C3 +I1+I2+D1+ D2+D3+D4 +P1+P2+S1 +S2+S3

Ya que el muro de contención es de gravedad, que el suelo será una solera, que el grado de impermeabilidad es de 2 y que no hay intervenciones, la solución debe cumplir **C2+C3+D1**.

La solución propuesta para el cumplimiento de la normativa es de colocar un drenante, polietileno, geotéxtil (cumpliendo la D1), una solera de hormigón armado (cumpliendo el C2) y una capa de imprimación para tapar la porosidad de la solera (cumpliendo el C3). Finalmente después del suelo se colocará el revestimiento.

Fachada

Para la comprobación de la fachada, se busca el grado de impermeabilidad en la tabla 2.5:

Tabla 2.5 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a las fachadas

		Zona pluviométrica de promedios				
		I	II	III	IV	V
Grado de exposición al viento	V1	5	5	4	3	2
	V2	5	4	3	3	2
	V3	5	4	3	2	1

El grado de exposición al viento es de V3 y la zona pluviométrica IV, como se muestra más adelante, por lo que el grado de impermeabilidad es 2.

La zona pluviométrica se consulta en la figura 2.4:

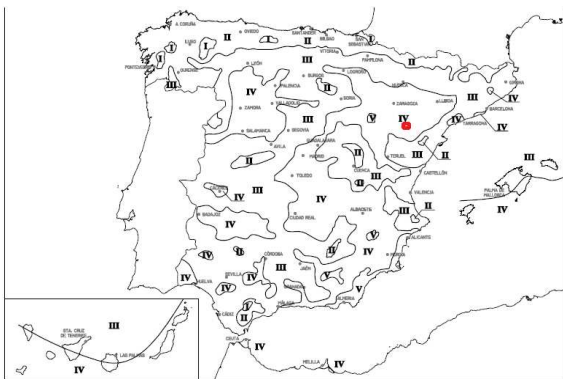


Figura 2.4 Zonas pluviométricas de promedios en función del índice pluviométrico anual

El pueblo en estudio se encuentra en la zona pluviométrica IV.

El grado de exposición del viento se consulta en la tabla 2.6:

Tabla 2.6 Grado de exposición al viento

		Clase del entorno del edificio					
		E1			E0		
		Zona eólica			Zona eólica		
		A	B	C	A	B	C
Altura del edificio en m	≤15	V3	V3	V3	V2	V2	V2
	16 - 40	V3	V2	V2	V2	V2	V1
	41 - 100 ⁽¹⁾	V2	V2	V2	V1	V1	V1

⁽¹⁾ Para edificios de más de 100 m de altura y para aquellos que están próximos a un desnivel muy pronunciado, el grado de exposición al viento debe ser estudiada según lo dispuesto en el DB-SE-AE.

La altura del edificio es inferior a 15m. Teniendo en cuenta que la tipología del terreno es IV por ser zona urbana, la clase del entorno del edificio es E1. Como se muestra más adelante con la figura 2.5 la Zona eólica es B, por lo que el grado de exposición al viento es V3:



Figura 2.5 Zonas eólicas

En el caso de nuestro edificio es **Zona B**.

Una vez se conoce el grado de impermeabilidad, se consulta en la tabla 2.7 las condiciones de la solución constructiva:

Grado de impermeabilidad	Con revestimiento exterior			Sin revestimiento exterior		
	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾			C1 ⁽¹⁾ +J1+N1	
	≤2				B1+C1+J1+N1	C1 ⁽¹⁾ +H1+J2+N2
	≤3	R1+B1+C1	R1+C2	B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 ⁽¹⁾	B2+C2+H1+J1+N1	B2+C2+J2+N2
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1

⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Como la fachada tiene revestimiento exterior y el grado de impermeabilidad es 2, la solución constructiva debe cumplir R1+C1. Pero, dado a que la fachada es de una sola hoja, deberá cumplir R1+C2.

La condición de R1 se cumple con un revestimiento de mortero con pintura no plástica. La condición C2 se cumple con la fachada, ya que hay en un tramo una pared de ladrillo macizo de más de 24cm de espesor y un muro de tapia de 45cm de espesor.

Será necesario colocar un zócalo en el arranque de la fachada de mínimo 30cm de altura.

Cubierta

El grado de impermeabilidad es único para todas las cubiertas del territorio español, por lo que las soluciones constructivas deben cumplir el apartado 2.4.2 de la normativa.

			Pendiente mínima en %
Teja ⁽³⁾	Teja curva		32
	Teja mixta y plana monocal		30
	Teja plana marsellesa o alicantina		40
	Teja plana con encaje		50
Pizarra ⁽¹⁾⁽²⁾	Pizarra		60
	Cinc		10
	Fibrocemento	Placas simétricas de onda grande	10
		Placas asimétricas de nervadura grande	10
		Placas asimétricas de nervadura media	25
	Sintéticos	Perfiles de ondulado grande	10
		Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de grecado grande	5
		Perfiles de grecado medio	8
		Perfiles nervados	10
	Galvanizados	Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de grecado o nervado grande	5
		Perfiles de grecado o nervado medio	8
		Perfiles de nervado pequeño	10
		Paneles	5
	Aleaciones ligeras	Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de nervado medio	5

Según el apartado 2.4.2, se debe cumplir las exigencias de aislamiento térmico y de impermeabilización colocando capas de protección para evitar la incompatibilidad entre los materiales. La cubierta es inclinada, por lo que es posible que no sea necesario colocar una lámina impermeable. Para saberlo se

consulta la tabla 2.10:

La cubierta en estudio es de teja curva, por lo que el porcentaje de inclinación mínimo que debe tener la cubierta es de 32%. La cubierta en estudio tiene 24% de inclinación, así que necesita impermeabilizante.

3.2 Cálculo del comportamiento térmico en la envolvente

3.2.1 Cálculo de la limitación de demanda energética (CTE DB-HE-1)

1. VERIFICACIÓN DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA $U < U_{m\acute{a}x}$

Suelo

Según la tabla 2.1, el suelo debe tener una U total no superior a 0,64. En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la resistencia total de la envolvente actual:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/λ)
Rse	-	-	0,04
Grava	0,1	2	0,05
Rsi	-	-	0,17
Rt			0,26
U total			3,85
U máx.			0,64

La U total es 3,85 que es superior a la U máxima, por lo que no cumple. La solución propuesta es añadir poliestireno extruido con un espesor de 5cm, una solera de hormigón de 15cm de espesor, una imprimación hidrofugante para tapar los poros del hormigón y un revestimiento de baldosa adherida con mortero, como se indica en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/λ)
Rse	-	-	0,04
Grava	0,1	2	0,05
Geotextil	0,001	0,22	0,00
Poliestireno extruido	0,05	0,029	1,72
Geotextil	0,001	0,22	0,00
Hormigón	0,15	2,3	0,07
Hidrofugación	-	-	-
Mortero	0,02	0,8	0,03
Baldosa	0,01	1	0,01
Rsi	-	-	0,17
Rt			2,09
U total			0,48
U máx.			0,64

Con estas capas, la U total pasa a ser 0,48 por lo que no es superior a la U máxima, cumpliendo con la primera verificación.

Fachada

Según la tabla 2.1, el suelo debe tener una U total no superior a 0,86. La fachada está compuesta por

diferentes capas según el tramo. Por lo que se ha calculado la resistencias de cada tramo por separado para comprobar que cumpla con la primera verificación.

- Tramo 1: *Muro de tapia de 45cm*

La resistencia total de este tramo se muestra en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Rse	-	-	0,04
Mortero	0,02	0,8	0,03
Tapia	0,45	1,1	0,41
Mortero	0,02	0,8	0,03
Enlucido de yeso	0,01	0,25	0,04
Rsi	-	-	0,13
Rt	0,67		
U total	1,49		
U máx.	0,86		

Actualmente no cumple con la primera verificación ya que la U total es de 1,49, superior a la máxima que es 0,86. La solución propuesta es añadir poliestireno extruido con un espesor de 4cm, una barrera de vapor para evitar condensaciones intersticiales y un revestimiento de cartón-yeso, como se indica en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Rse	-	-	0,04
Mortero	0,020	0,8	0,03
tapia	0,450	1,1	0,41
Poliestireno extruido	0,040	0,029	1,38
Polietileno alta densidad	0,001	0,5	0,002
Placa de yeso	0,015	0,25	0,06
Rsi	-	-	0,13
Rt	2,05		
U total	0,49		
U máx.	0,86		

Con estas capas, la U total pasa a ser 0,49 por lo que no es superior a la U máxima, cumpliendo con la primera verificación.

- Tramo 2: *Muro de tapia de 59cm*

La resistencia total de este tramo se muestra en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Rse	-	-	0,04
Mortero	0,02	0,8	0,03
Tapia	0,59	1,1	0,54
Mortero	0,02	0,8	0,03
Enlucido de yeso	0,01	0,57	0,02
Rsi	-	-	0,13
Rt	0,77		
U total	1,29		
U máx.	0,86		

Actualmente no cumple con la primera verificación ya que la U total es de 1,29, superior a la máxima que es 0,86. La solución propuesta es añadir poliestireno extruido con un espesor de 4cm, una barrera de vapor para evitar condensaciones intersticiales y un revestimiento de cartón-yeso, como se indica en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Rse	-	-	0,04
Mortero	0,020	0,8	0,03
tapia	0,590	1,1	0,54
Poliestireno extruido	0,040	0,029	1,38
Polietileno alta densidad	0,001	0,5	0,002
Placa de yeso	0,020	0,25	0,08
Rsi	-	-	0,13
Rt	2,19		
U total	0,46		
U máx.	0,86		

Con estas capas, la U total pasa a ser 0,46 por lo que no es superior a la U máxima, cumpliendo con la primera verificación.

- Tramo 3: *Fábrica de ladrillo macizo de 25cm*

La resistencia total de este tramo se muestra en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Rse	-	-	0,04
Fábrica ladrillo macizo	0,25	0,17	1,47
Enlucido de yeso	0,01	0,57	0,02
Rsi	-	-	0,13
Rt	1,66		
U total	0,60		
U máx.	0,86		

Este tramo sí que cumple con la primera verificación, ya que la U total es de 0,6 que no es mayor a la U máxima que es 0,86.

- Tramo 4: *Fábrica de ladrillo doble hueco de 9cm*

La resistencia total de este tramo se muestra en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Rse	-	-	0,04
Enlucido de yeso	0,01	0,57	0,02
Fábrica LH doble	-	-	0,16
Enlucido de yeso	0,01	0,57	0,02
Enlucido de yeso	0,01	0,57	0,02
Rsi	-	-	0,13
Rt	0,38		
U total	2,61		
U máx.	0,86		

Actualmente no cumple con la primera verificación ya que la U total es de 2,61, superior a la máxima que es 0,86. La solución propuesta es añadir poliestireno extruido con un espesor de 4cm, una segunda hoja de fábrica de ladrillo hueco simple revestido con un enlucido de yeso, como se indica en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/λ)
Rse	-	-	0,04
Enlucido de yeso	0,01	0,57	0,02
Fábrica LH doble	-	-	0,16
Poliestireno extruido	0,04	0,03	1,38
Fábrica LH sencillo	-	-	0,09
Enlucido de yeso	0,01	0,57	0,02
Rsi	-	-	0,13
Rt			1,83
U total			0,55
U máx.			0,86

Con estas capas, la U total pasa a ser 0,55 por lo que no es superior a la U máxima, cumpliendo con la primera verificación.

Cubierta

Este edificio tiene dos tipos de cubiertas: una inclinada de teja árabe y otra plana con acabado de baldosa. Las exigencias de resistencia son las mismas, la U total no debe ser mayor que 0,49.

- Tipo 1: *Cubierta inclinada de teja árabe*

La resistencia total de esta cubierta se muestra en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/λ)
Rse	-	-	0,04
Teja cerámica	0,06	1	0,06
Tierra	0,05	1,5	0,03
Cañizo	0,01	0,15	0,07
Escayola	0,02	0,25	0,08
Rsi	-	-	0,10
Rt			0,38
U total			2,63
U máx.			0,49

Actualmente no cumple con la primera verificación ya que la U total es de 2,63, superior a la máxima que es 0,49. La solución propuesta es añadir poliestireno extruido con un espesor de 5cm, 2 capas de lámina asfáltica que además de impermeabilizar hace de barrera de vapor para evitar condensaciones intersticiales y un falso techo de escayola, como se indica en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/λ)
Rse			0,04
Teja cerámica	0,02	1,00	0,02
Mortero	0,03	0,80	0,04
Poliestireno extruido	0,08	0,03	2,76
Geotéxtil	0,002	0,22	0,009
Lámina asfáltica	0,03	0,23	0,13
Entablado de madera	0,01	0,15	0,07
Rsi			0,10
Rt			3,16
U total			0,32
U máx.			0,49

Con estas capas, la U total pasa a ser 0,32 por lo que no es superior a la U máxima, cumpliendo con la primera verificación.

- Tipo 1: *Cubierta plana con acabado cerámico*

La resistencia total de esta cubierta se muestra en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/λ)
Rse	-	-	0,04
Baldosa cerámica	0,01	1	0,01
Mortero	0,03	0,41	0,07
lámina asfáltica	0,01	0,23	0,04
Mortero	0,03	0,41	0,07
Capa de compresión	0,05	190	0,00
Forjado unidireccional	0,25	-	0,32
Rsi	-	-	0,10
Rt			0,66
U total			1,53
U máx.	Tabla 2,1		0,49

Actualmente no cumple con la primera verificación ya que la U total es de 1,53, superior a la máxima que es 0,49. La solución propuesta es levantar la baldosa para añadir poliestireno extruido con un espesor de 4cm por encima de las 2 capas de lámina asfáltica que además de impermeabilizar hace de barrera de vapor para evitar condensaciones intersticiales y dos capas de geotéxtil para separar el poliestireno extruido (una encima y otra debajo) y volver a colocar el pavimento con mortero y baldos, como se indica en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/λ)
Rse	-	-	0,04
Baldosa cerámica	0,01	1,00	0,01
Mortero	0,03	0,41	0,07
Geotéxtil	0,00	0,22	0,00
Poliestireno extruido	0,04	0,03	1,38
Geotéxtil	0,00	0,22	0,00
Lámina asfáltica	0,03	0,23	0,13
Mortero	0,03	0,41	0,07
Capa de compresión	0,05	190,00	0,00
Forjado unidireccional	0,25	-	0,32
Rsi	-	-	0,10
Rt			2,13
U total			0,47
U máx.	Tabla 2,1		0,49

Con estas capas, la U total pasa a ser 0,47 por lo que no es superior a la U máxima, cumpliendo con la primera verificación.

Medianeras

Según la tabla 2.1, los muros medianeros no debe tener una U total superior a 1,00. Los muros medianeros son de tapia con un espesor de 45cm. La resistencia total se muestra en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Rse	-	-	0,04
Tapia	0,45	1,1	0,41
Mortero	0,02	0,8	0,02
Enlucido de yeso	0,01	0,57	0,02
Rsi	-	-	0,13
Rt	0,62		
U total	1,62		
U máx.	1,00		

Actualmente no cumple la primera verificación ya que la U total es de 1,62, superior a la máxima que es 1,00. La solución propuesta es añadir poliestireno extruido con un espesor de 4cm, una barrera de vapor para evitar condensaciones intersticiales y un revestimiento de cartón-yeso, como se indica en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Rse	-	-	0,04
Tapia	0,45	1,1	0,41
Mortero	0,02	0,8	0,02
Poliestireno extruido	0,040	0,029	1,38
Polietileno alta densidad	0,001	0,5	0,002
Placa de yeso	0,020	0,25	0,08
Rsi	-	-	0,13
Rt	2,06		
U total	0,49		
U máx.	1,00		

Con estas capas, la U total pasa a ser 0,49 por lo que no es superior a la U máxima, cumpliendo con la primera verificación.

Muro en contacto con el terreno

Al ser un muro en contacto con el terreno, la U total es la misma que para los suelos y se calcula con la suma de las resistencias de los materiales (sin resistencias superficiales) y consultando la tabla E.5. Según la tabla 2.1, el suelo debe tener una U total no superior a 0,64. En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la resistencia total de la envolvente actual:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Tapia	0,45	1,1	0,41
Mortero	0,02	0,8	0,02
Rt	0,43		
U total	0,84*		
U máx.	0,65**		

*Según los valores dados en la tabla E5.

**Según la tabla 2.1 para suelo por ser un muro enterrado

Actualmente no cumple la primera verificación ya que la U total es de 0,84, superior a la máxima que es 0,65. La solución propuesta es añadir poliestireno extruido con un espesor de 4cm, una barrera de vapor para evitar condensaciones intersticiales y un revestimiento de cerámica vidriada sujeta con un perfil metálico dejando una cámara de aire ventilada, como se indica en la siguiente tabla:

	e (m)	λ (W/m·K)	R (e/ λ)
Tapia	0,45	1,1	0,41
Mortero	0,02	0,8	0,02
Poliestireno extruido	0,040	0,029	1,38
Polietileno alta densidad	0,001	0,5	0,002
Cámara de aire ventilada	-	-	-
Baldosa vidriada	0,020	0,25	0,08
Rt	1,89		
U total	0,35*		
U máx.	0,64**		

*Según los valores dados en la tabla E5.

**Según la tabla 2.1 para suelo por ser un muro enterrado

Con estas capas, la U total pasa a ser 0,35 por lo que no es superior a la U máxima, cumpliendo con la primera verificación.

Huecos

Según la tabla 2.1, los huecos no deben tener una U total superior a 3,50. Los huecos son muy diferentes, en la siguiente tabla se ha calcula la U de cada hueco. La numeración es la misma que en apartado de carpintería en el de descripción constructiva del edificio:

	S. total (m2)	Uv (W/m2 · K)	S. marco (m2)	Um (W/m2 · K)	Fm	Ulim (W/m2 · K)	Ulim CTE (W/m2 · K)
2	1,54	-	0,24	2,00	0,15	2,00	3,5
3	2,77	5,70	0,81	5,70	0,29	5,70	3,5
4	2,64	3,00	0,78	5,70	0,30	3,80	3,5
5	1,98	5,70	0,38	2,00	0,19	4,99	3,5
6	0,75	-	0,16	2,00	0,22	2,00	3,5
7	3,69	5,70	0,74	5,70	0,20	5,70	3,5
8	0,84	4,69	0,17	4,69	0,21	4,69	3,5
9	1,20	-	0,21	2,00	0,17	2,00	3,5

Solo cumple la puerta numerada como 2. La 6 y la 9 para que cumplan se deberían cerrar y no dejarían pasar la luz, algo necesario al ser habitaciones, por lo que también se han de solucionar. Como solución se aislará térmicamente la persiana del hueco número 4 con espuma de poliuretano, reduciendo así el marco. El resto de huecos se sustituirán por nuevas ventanas y puertas con doble cristal con cámara de aire y carpinterías con rotura de puente térmico superior a 12mm:

	S. total (m2)	Uv (W/m2 · K)	S. marco (m2)	Um (W/m2 · K)	Fm	Ulim (W/m2 · K)	Ulim CTE (W/m2 · K)
2	1,54	-	0,24	2,00	0,15	2,00	3,5
3	2,77	3,00	0,81	3,20	0,29	3,06	3,5
4	2,64	3,00	0,22	5,70	0,08	3,22	3,5
5	1,98	3,00	0,38	3,20	0,19	3,04	3,5
6	0,75	3,00	0,16	3,20	0,22	3,04	3,5
7	3,69	3,00	0,74	3,20	0,20	3,04	3,5
8	0,84	3,00	0,17	3,20	0,21	3,04	3,5
9	1,20	3,00	0,21	3,20	0,17	3,03	3,5

De esta forma los huecos ya cumplen con la primera verificación.

2. VERIFICACIÓN DE LA TRANSMITANCIA MEDIA U < Ulim

Esta verificación se ha realizado directamente sobre la solución constructiva dada en la primera verificación.

Suelo

Según la solución dada en la primera verificación, todos los suelos tienen una U de 0,48, puesto que la Ulim según el CTE es 0,49, todos los suelos cumplen también con la segunda verificación, tal y como indica la siguiente tabla:

		S (m ²)	U (W/m ² · K)	UxS	Suma UxS	S total (m ²)	Ulim (W/m ² · K)	Ulim CTE (W/m ² · K)
Suelo	1	43,87	0,48	21,06	21,06	43,87	0,48	0,49

Fachada

A partir de la solución dada en la primera verificación se ha obtenido la U de cada cerramiento, en la siguiente tabla se muestran los cálculos para comprobar si esta verificación se cumple:

		S (m ²)	U (W/m ² · K)	UxS	Suma UxS	S total (m ²)	Ulim (W/m ² · K)	Ulim CTE (W/m ² · K)
Fachada SE	Ladrillo macizo	10,80	0,60	6,48	27,69	55,16	0,50	0,66
	Ladrillo hueco	3,70	0,55	2,04				
	Tapia 45 cm	15,82	0,49	7,75				
	Tapia 59 cm	24,84	0,46	11,43				

Puesto que la Ulim según el CTE es 0,66 y la Ulim calculada de la fachada es de 0,56, la fachada cumple con la segunda verificación.

Cubierta

A partir de la solución dada en la primera verificación se ha obtenido la U de cada cubierta, en la siguiente tabla se muestran los cálculos para comprobar si esta verificación se cumple:

		S (m ²)	U (W/m ² · K)	UxS	Suma UxS	S total (m ²)	Ulim (W/m ² · K)	Ulim CTE (W/m ² · K)
Lucernarios	metacrilato	2,78	2,92	8,12	63,69	167,31	0,38	0,38
	uralita	0,60	2,92	1,75				
Cubierta	teja	154,90	0,32	49,57				
	terrazza	9,03	0,47	4,24				

Puesto que la Ulim según el CTE es 0,38 y la Ulim calculada de la cubierta es de 0,38, la cubierta cumple con la segunda verificación.

Muros enterrados

Según la solución dada en la primera verificación, todos los muros enterrados tienen una U de 0,35, puesto que la Ulim según el CTE es 0,66, todos los muros enterrados cumplen también con la segunda verificación, tal y como indica la siguiente tabla:

	S (m ²)	U (W/m ² · K)	UxS	Suma UxS	S total (m ²)	Ulim (W/m ² · K)	Ulim CTE (W/m ² · K)
Tapia 45 cm	19,34	0,35	6,77	6,77	19,34	0,35	0,66

Huecos

A partir de la solución dada en la primera verificación se ha obtenido la U de cada hueco, en la siguiente tabla se muestran los cálculos para comprobar si esta verificación se cumple:

	S (m ²)	U (W/m ² · K)	UxS	Suma UxS	S total (m ²)	Ulim (W/m ² · K)	Ulim CTE (W/m ² · K)
2	1,54	2,00	3,08	45,77	15,41	2,97	3,5
3	2,77	3,06	8,47				
4	2,64	3,22	8,51				
5	1,98	3,04	6,02				
6	0,75	3,04	2,28				
7	3,69	3,04	11,22				
8	0,84	3,04	2,55				
9	1,20	3,03	3,64				

Puesto que la Ulim según el CTE es 3,5 y la Ulim calculada de los huecos es de 2,97, los huecos cumplen con la segunda verificación.

3. VERIFICACIÓN DEL FACTOR SOLAR DE LOS HUECOS

Esta verificación solo se hace en caso de fachada orientada a E, O, SE, So con huecos mayores al 40%. La fachada del edificio en estudio está orientada al SE:

$$\left(\frac{S_{\text{huecos}}}{S_{\text{fachada}}} \right) \cdot 100 \\ (1,71 \text{ m}^2 / 76,68 \text{ m}^2) \cdot 100 = 28,31\%$$

En este caso el porcentaje de huecos respecto a la fachada es de 28,31%, por lo que no es necesario realizar esta verificación.

4. VERIFICACIÓN DE QUE LA PERMEABILIDAD AL AIRE DE LAS CARPINTERÍAS ES MENOR A LA EXIGIDA

Las carpinterías actuales se van a sustituir por unas nuevas que, según su ficha técnica, cumplirán con esta verificación, por lo que no es necesario realizar ningún cálculo.

5. VERIFICACIONES DE CONDENSACIONES SUPERFICIALES

Esta verificación es necesaria para los encuentros de diferentes materiales entre paramentos exteriores. En el edificio en estudio no hay ningún encuentro conflictivo en el que pueda darse condensaciones superficiales, por lo que no es necesaria esta verificación.

6. VERIFICACIÓN Y CONTROL DE CONDENSACIONES INTERSTICIALES

Esta verificación consiste en asegurar que no se condense agua en el interior del cerramiento. Para ello se debe calcular la temperatura en cada capa del cerramiento y compararla con la temperatura de saturación de

agua. Se ha calculado directamente la solución constructiva dada en la verificación 2.

Suelo

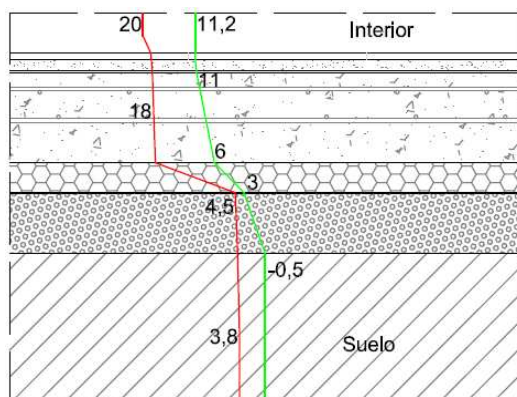
Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
Grava	0,1	50	5	22,5
Geotextil	0,001	-	-	
Poliestireno extruido	0,05	100	5	
Geotextil	0,001	-	-	
Hormigón	0,15	80	12	
Hidrofugación	-	-	-	
Mortero	0,02	10	0,2	
Baldosa	0,01	30	0,3	

A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura superficial (°C)			Presión (mbar)	Trocío (°C)
Ts1	3,80	Psat1	5,80	-0,5
Ts2	4,11	Psat2	7,40	3
Ts3	4,50	Psat3	7,40	3
Ts4	4,53	Psat4	9,00	6
Ts5	17,87	Psat5	9,00	6
Ts6	17,91	Psat6	12,84	11
Ts7	18,41	Psat7	12,84	11
Ts8	18,41	Psat8	12,90	11,2
Ts9	18,61	Psat int	13,00	11,2
Ts10	18,68			
Tint	20,00			

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está siempre a la izquierda, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

Fachada

La fachada está compuesta por diferentes capas según el tramo.

- Tramo 1: Muro de tapia de 45cm

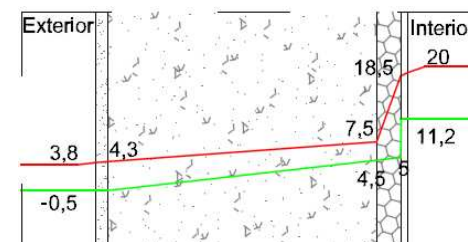
Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
Mortero	0,020	10	0,2	126,76
tapia	0,450	50	22,5	
Poliestireno extruido	0,040	100	4	
Polietileno alta densidad	0,001	100000	100	
Placa de yeso	0,015	4	0,06	

A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura superficial (°C)			Presión (mbar)	Trocío (°C)
Ts1	3,82	Psat1	5,80	-0,5
Ts2	4,13	Psat2	5,81	-0,5
Ts3	4,33	Psat3	7,09	4,5
Ts4	7,57	Psat4	7,32	5
Ts5	18,48	Psat5	13,00	11,2
Ts6	18,50	Psat int	13,00	11,2
Ts7	18,97			
Tint	20,00			

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está siempre por encima, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

- Tramo 2: Muro de tapia de 59cm

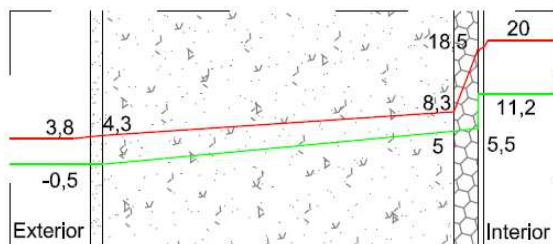
Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
Mortero	0,020	10	0,2	133,76
tapia	0,590	50	29,5	
Poliestireno extruido	0,040	100	4	
Polietileno alta densidad	0,001	100000	100	
Placa de yeso	0,010	6	0,06	

A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura °C		Presión (mbar)	Trocío (°C)
Ts1	3,81		
Ts2	4,11	Psat1	5,80
Ts3	4,30	Psat2	5,81
Ts4	8,26	Psat3	7,40
Ts5	18,45	Psat4	7,61
Ts6	19,04	Psat5	13,00
Tint	20,00	Psat int	13,00

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está siempre por encima, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

- Tramo 3: *Fábrica de ladrillo macizo de 25cm*

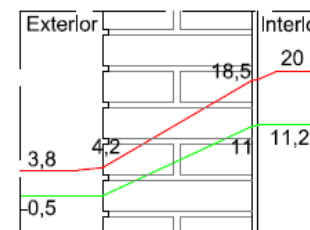
Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
Fábrica ladrillo macizo	0,25	10	2,5	2,56
Enlucido de yeso	0,01	6	0,06	

A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura °C		Presión (mbar)	Trocío (°C)
Ts1	3,80		
Ts2	4,19	Psat1	5,80
Ts3	18,56	Psat2	12,83
Ts4	18,73	Psat int	13,00
Tint	20,00		11,2

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está siempre por encima, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

- Tramo 4: *Fábrica de ladrillo doble hueco de 9cm*

Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

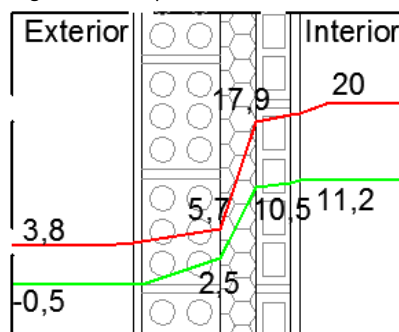
Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
Enlucido de yeso	0,01	6	0,06	5,42
Fábrica ladrillo	0,09	10	0,9	
Poliestireno extruido	0,04	100	4	
Fábrica LH sencillo	0,04	10	0,4	
Enlucido de yeso	0,01	6	0,06	

A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura °C		Presión (mbar)	Trocío (°C)
Ts1	3,80		
Ts2	4,15	Psat1	5,80
Ts3	4,31	Psat2	5,88
Ts4	5,72	Psat3	7,08
Ts5	17,90	Psat4	12,39
Ts6	18,70	Psat2	12,92
Ts7	18,85	Psat int	13,00
Tint	20,00		11,2

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de

rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está siempre por encima, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

Cubierta

- Tramo 1: *Cubierta de teja árabe*

Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
Teja cerámica	0,02	30,00	0,6	1509,1
Mortero	0,03	10,00	0,3	
Poliestireno extruido	0,08	100,00	8	
Geotéxtil	-	-	-	
Lámina asfáltica	0,03	50000,00	1500	
Entablado de madera	0,01	20,00	0,2	

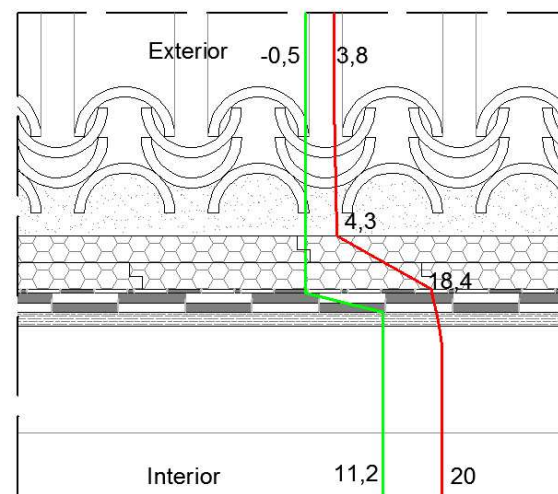
A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura °C	
Ts1	3,80
Ts2	4,00
Ts4	4,11
Ts5	4,30
Ts6	18,43
Ts7	18,48
Ts9	19,15
Ts10	19,49
Tint	20,00

	Presión (mbar)	Trocío (°C)
Psat1	5,80	-0,5
Psat3	5,80	-0,5
Psat4	5,80	-0,5
Psat5	5,84	-0,5
Psat6	5,84	-0,5
Psat8	13,00	11,2
Psat int	13,00	11,2

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de

saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está siempre a la derecha, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

- Tramo 1: *Terraza*

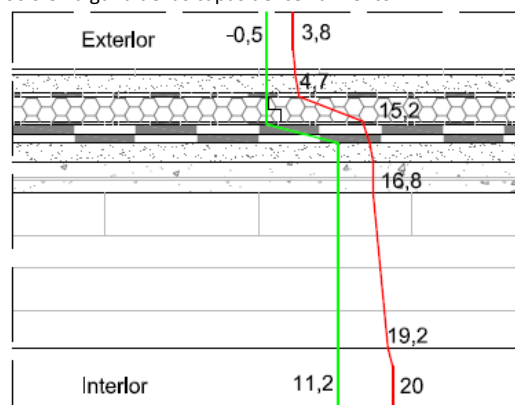
Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
Baldosa cerámica	0,01	30,00	0,15	1513,1
Mortero	0,03	30,00	0,15	
Geotéxtil	-	-	-	
Poliestireno extruido	0,04	100,00	4	
Geotéxtil	-	-	-	
Lámina asfáltica	0,03	50000,00	1500	
Mortero	0,03	10,00	0,3	
Capa de compresión	0,05	120,00	6	
Forjado unidireccional	0,25	10,00	2,5	

A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura °C			Presión (mbar)	Trocío (°C)
Ts1	3,80			
Ts2	4,10			
Ts3	4,14			
Ts4	4,70			
Ts5	4,73			
Ts6	15,22			
Ts7	15,26			
Ts8	16,25			
Ts9	16,80			
Ts10	16,81			
Ts11	19,24			
Tint	20,00			
		Psat1	5,80	-0,5
		Psat2	5,80	-0,5
		Psat3	5,80	-0,5
		Psat4	5,80	-0,5
		Psat5	5,82	-0,5
		Psat6	5,82	-0,5
		Psat7	12,96	11,2
		Psat8	12,96	11,2
		Psat9	12,99	11,2
		Psat int	13,00	11,2

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está siempre a la derecha, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

Medianeras

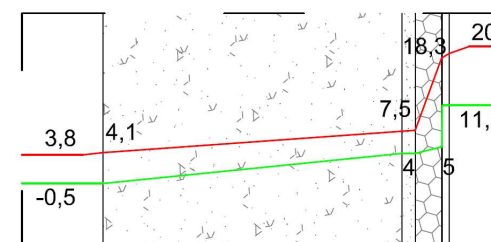
Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
tapia	0,450	50	22,5	126,76
Mortero	0,020	10	0,2	
Poliestireno extruido	0,040	100	4	
Barrera vapor	0,001	100000	100	
Placa de yeso	0,015	4	0,06	

A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura superficial (°C)			Presión (mbar)	Trocío (°C)
Ts1	3,80			
Ts2	4,11			
Ts3	7,33			
Ts4	7,48			
Ts5	18,33			
Ts6	18,35			
Ts7	18,98			
Tint	20,00			
		Psat1	5,80	-0,5
		Psat2	7,08	4
		Psat3	7,09	4
		Psat4	7,32	5
		Psat5	13,00	11,2
		Psat int	13,00	11,2

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está por encima, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

Muros enterrados

Primero se ha calculado la permeabilidad al vapor de agua de las capas:

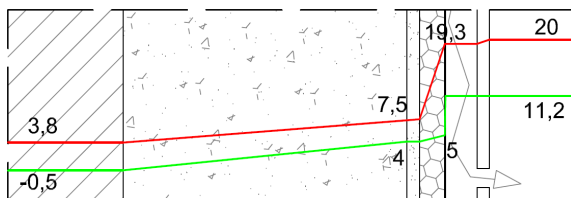
Material	e (m)	u	Sdn	ΣSdn
Tapia	0,45	50	22,5	126,7
Mortero	0,02	10	0,2	
Poliestireno extruido	0,040	100	4	
Polietileno alta densidad	0,001	100000	100	
Cámara de aire	-	-	-	
Baldosa vidriada	0,020	6	0,12	

A continuación se muestran las tablas con los resultados de las fórmulas en cada una de las capas de la envolvente:

Temperatura °C	
Ts1	3,80
Ts2	7,31
Ts3	7,47
Ts4	19,30
Ts5	19,31
Ts6	19,31
Tint	20,00

	Presión (mbar)	Trocío (°C)
Psat1	5,79	-0,5
Psat2	7,07	2,5
Psat3	7,08	2,5
Psat4	7,31	3
Psat5	12,99	11,2
Psat6	12,99	11,2
Psat int	13,00	11,2

En el gráfico siguiente se puede observar la temperatura de cada capa en rojo y la temperatura de rocío o saturación en verde (en °C) y si la temperatura superficial es inferior a la temperatura de saturación o de rocío en alguna de las capas del cerramiento:



Como la temperatura de cada capa (línea roja) está por encima, es decir, con valores superiores al de la temperatura de rocío (línea verde), significa que no hay condensaciones intersticiales, y por lo tanto cumple con la sexta verificación.

2.2 Cálculo de la protección frente a la humedad (CTE DB-HS)

Muros

Debe cumplir **V1**. La condición V1 es que el muro requiere una ventilación de 0,7 l/s por cada m² de superficie, repartidos al 50% entre la parte inferior y la coronación del muro a tresbolillo cumpliendo:

$$30 > S_s/A_h > 10$$

Donde S_s es el área de las aberturas en cm², y A_h es el área de la hoja interior en m². La distancia de las aberturas no debe ser mayor que 5m.

Suelos

Debe cumplir **C2+C3+D1**. La solución propuesta para el cumplimiento de la normativa es de colocar un drenante, polietileno, geotéxtil (cumpliendo la D1), una solera de hormigón armado (cumpliendo el C2) y una capa de imprimación para taponar la porosidad de la solera (cumpliendo el C3). Finalmente después del suelo se colocará el revestimiento.

Fachada

Debe cumplir **R1+C2**. La condición de R1 se cumple con un revestimiento de mortero con pintura no plástica. La condición C2 se cumple con la fachada, ya que hay en un tramo una pared de ladrillo macizo de

más de 24cm de espesor y un muro de tapia de 45cm de espesor. Será necesario colocar un zócalo en el arranque de la fachada de mínimo 30cm de altura.

Cubierta

La cubierta en estudio es de teja curva, por lo que el porcentaje de inclinación mínimo que debe tener la cubierta es de 32%. La cubierta en estudio tiene 24% de inclinación, así que necesita impermeabilizante.

Cálculos del refuerzo

Tanto en los forjados como en la cubierta una solución son las vigas parteluces, que se colocarán vigas metálicas. El cálculo se realiza con el siguiente procedimiento:

Resistencia de la sección a flexión

Para la resistencia de la barra debe comprobarse que $M_{ed} \leq M_{pl,d}$, donde M_{ed} es el valor de cálculo del momento flector y $M_{pl,d}$ es el valor de cálculo de la resistencia frente a pandeo lateral, y se calcula con la siguiente expresión:

M_{ed} se calcula con la fórmula siguiente:

$$M_{ed} = (q \cdot L^2)/8$$

$M_{pl,d}$ se calcula con la fórmula siguiente:

$$M_{pl,d} = W_{pl} \cdot f_{yd}$$

Donde,

W_{pl} según prontuario es 165.200 mm³

f_{yd} se calcula con la fórmula siguiente:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Donde,

$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$,

$\gamma_{MO} = 1,05$

Resistencia de la barra a pandeo lateral

Para la resistencia de la barra debe comprobarse que $M_{ed} \leq M_{b,Rd}$, donde M_{ed} es el valor de cálculo del momento flector y $M_{b,Rd}$ es el valor de cálculo de la resistencia frente a pandeo lateral, y se calcula con la siguiente expresión:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot (f_y / \gamma_{M1})$$

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

⁽¹⁾ esbeltez intolerable en los elementos principales

⁽²⁾ esbeltez intolerable incluso en elementos de arriostamiento

Donde,

W_y es el módulo resistente de la sección que la ser de clase 1 y 2 será $W_{pl,y}$

f_y es 275 N/mm²,

γ_{M1} es 1,05,

χ_{LT} se consulta en la tabla 6.3 del CTE-SE-Acero y va en función de la esbeltez reducida (λ_{LT}) y del coeficiente de imperfección (α):

λ_{LT} se calcula con la raíz cuadrada de $W_y \cdot f_y$ entre el momento crítico (M_{cr})

M_{cr} se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{cr} = \sqrt{(M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2)}$$

Donde,

M_{LTv} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTv} = C_1 \cdot (\pi/L_c) \cdot \sqrt{(G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z)}$$

M_{LTw} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot (\pi^2 \cdot E / L_c^2) \cdot C_1 \cdot i_{yz}^2$$

Cálculo de la flecha:

La flecha admisible, al ser una viga parteluz, se ha sido más estricto y se ha cogido el cociente entre la luz y quinientos:

$$Flecha_{adm} = L / 500$$

La flecha máxima se calcula con la siguiente fórmula:

$$Flecha_{m\acute{a}x} = (5 \cdot q \cdot L^4) / (384 \cdot E \cdot I)$$

Forjados

La numeración de los forjados es la misma que la utilizada en el recálculo. Se ha calculado priorizando la solución más económica. A continuación se muestran los cálculos que los forjados que necesitaban un refuerzo y no se iban a demoler:

3. En el forjado número 3 se colocará una viga de madera en la cabeza de las vigas que acorte la luz 20cm en cada lado sujeta por escuadras que se atornillarán al muro.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,34	46	16	4,62	3,16	0,00040	7866,40	12461,54	Cumple
2	2,31	36	16	3,62	2,41	0,00040	5999,47	12461,54	Cumple
3	2,28	34	14	3,42	2,22	0,00027	8239,69	12461,54	Cumple
4	2,25	37	14	3,72	2,35	0,00027	8732,31	12461,54	Cumple
5	2,23	35	14	3,52	2,19	0,00027	8114,10	12461,54	Cumple
6	2,20	34	15	3,42	2,07	0,00033	6237,31	12461,54	Cumple
7	2,17	48	14	4,82	2,84	0,00027	10537,15	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,34	46	16	4,62	3216,99	1150	0,4877	0,7800	Cumple
2	2,31	36	16	3,62	3216,99	1150	0,3625	0,7700	cumple
3	2,28	34	14	3,42	1885,74	1150	0,5543	0,7600	Cumple
4	2,25	37	14	3,72	1885,74	1150	0,5720	0,7500	Cumple
5	2,23	35	14	3,52	1885,74	1150	0,5221	0,7433	Cumple
6	2,20	34	15	3,42	2485,05	1150	0,3646	0,7333	Cumple
7	2,17	48	14	4,82	1885,74	1150	0,6421	0,7233	Cumple

4. En el forjado 4 se sustituirá la viga 4 por una viga con un diámetro mínimo de 13cm, se colocará una viga de madera en la cabeza de las vigas unida con escuadras al muro que acorte la luz 16cm por el lado del arco y se colocará una viga HEB 120 en la otra cabeza de las vigas que acorte la luz 24cm. Se reforzará el forjado con una chapa de hormigón de 5cm de grosor.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
1	2,90	44	14	5,00	5,26	0,00058	9100,22	12461,54	Cumple
2	2,91	50	15	5,69	6,02	0,00069	8691,97	12461,54	Cumple
3	2,92	49	13	5,57	5,94	0,00052	11326,97	12461,54	Cumple
4	2,93	49	13*	5,57	5,98	0,00052	11404,69	12461,54	Cumple
5	2,95	51	17	5,80	6,31	0,00093	6808,08	12461,54	Cumple
6	2,96	49	14	5,57	6,10	0,00060	10195,34	12461,54	Cumple
7	2,98	40	15	4,55	5,05	0,00065	7728,18	12461,54	Cumple
8	2,00	30	13	3,41	1,71	0,00044	3860,69	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,90	44	14	5,00	10980,46	1150	0,3649	0,5800	Cumple
2	2,91	50	15	5,69	13846,45	1150	0,3334	0,9700	Cumple
3	2,92	49	13	5,57	9436,06	1150	0,4860	0,9733	Cumple
4	2,93	49	13*	5,57	9436,06	1150	0,4927	0,9767	Cumple
5	2,95	51	17	5,80	20383,69	1150	0,2439	0,9833	Cumple
6	2,96	49	14	5,57	11371,09	1150	0,4259	0,9867	Cumple
7	2,98	40	15	4,55	13065,20	1150	0,3108	0,9933	Cumple
8	2,00	30	13	3,41	7951,69	1150	0,0777	0,6667	Cumple

Cálculo de las vigas de refuerzo

La viga metálica, según los cálculos se necesita una HEB120 porque la HEB 100 no cumple la flecha:

Flexión simple:

luz (m)	Carga (kN/m)	M _{máx} (kN·m)	f _{yd} n/mm ²	W mm ³	M _{pl} (kN·m)
4,61	2,73	7,25	261,90	165200	43,27

Flecha:

luz (m)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)
4,61	2,73	864,4	21000	0,88	0,92

Pandeo lateral:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot (f_y / \gamma_{M1}) = 0,73 \cdot 165200 \cdot 275 / 1,05 = 31584666,67 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Donde,

W_y es el módulo resistente de la sección que la ser de clase 1 y 2 será $W_{pl,y}$. Al ser una viga HEB 120 es 165.200 mm³,
 f_y es 275 N/mm²,

γ_{M1} es 1,05,

χ_{LT} se consulta en la tabla 6.3 del CTE-SE-Acero y va en función de la esbeltez reducida (λ_{LT}) y del coeficiente de imperfección (α) que en este caso es 0,21.

λ_{LT} se calcula con la raíz cuadrada de $W_y \cdot f_y$ entre el momento crítico (M_{cr})

M_{cr} se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{cr} = \sqrt{(M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2)} = 62888522,08$$

Donde,

M_{LTv} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTv} = C_1 \cdot (\pi / L_c) \cdot \sqrt{(G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z)} = 61179609,54 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

M_{LTw} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot (\pi^2 \cdot E / L_c^2) \cdot C_1 \cdot i_{z^2} = 14560961,03 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{(165200 \cdot 275 / 62888522,08)} = 0,85$$

$$M_{b,Rd} = 31584666,67 \text{ N} \cdot \text{mm} = \mathbf{31,58 \text{ kN} \cdot \text{m}} > M_{ed} = \mathbf{6,04 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

5. La viga 4 se sustituirá por una de mínimo 21cm de diámetro, se añadirá otra viga de mínimo 21cm de diámetro al otro lado del ascensor, se eliminará la viga 5 y se sustituirá por dos vigas paralelas, embrochadas a la viga 4 y a la nueva viga, de mínimo 16cm de diámetro.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
1	2,48	81	18	8,14	6,26	0,00057	10927,41	12461,54	Cumple
2	2,44	79	20	7,94	5,91	0,00079	7520,79	12461,54	Cumple
3	2,42	76	18	7,64	5,59	0,00057	9762,78	12461,54	Cumple
4	2,39	137	21	13,76	9,83	0,00091	10809,49	12461,54	Cumple
5	2,37	120	21	12,06	8,46	0,00091	9310,36	12461,54	Cumple
6	2,05	55	16	5,53	2,90	0,00040	7218,67	12461,54	Cumple
7	2,05	55	16	5,53	2,90	0,00040	7218,67	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,48	81	18	8,14	5153,00	1150	0,6764	0,8267	Cumple
2	2,44	79	20	7,94	7853,98	1150	0,4056	0,8133	Cumple
3	2,42	76	18	7,64	5153,00	1150	0,5754	0,8067	Cumple
4	2,39	137	21	13,76	9546,56	1150	0,5327	0,7967	Cumple
5	2,37	120	21	12,06	9546,56	1150	0,4511	0,7900	Cumple
6	2,05	55	16	5,53	3216,99	1150	0,3435	0,6833	Cumple
7	2,05	55	16	5,53	3216,99	1150	0,3435	0,6833	Cumple

6. Se sustituirán: la viga número 6 por una con un diámetro mínimo de 16cm y la viga número 7 por una con un diámetro mínimo de 15cm. Se colocará una viga HEB 120 en la cabeza de las vigas que acorte la luz 25cm en cada lado. Y se reforzará el forjado con una chapa de hormigón de 4cm de grosor.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
1	2,88	44	15	4,85	5,03	0,00062	8173,01	12461,54	Cumple
2	2,93	71	16	7,83	8,41	0,00079	10702,56	12461,54	Cumple
3	2,99	66	16	7,28	8,14	0,00078	10494,11	12461,54	Cumple
4	3,04	60	16,5	6,62	7,65	0,00083	9246,52	12461,54	Cumple
5	3,09	71	16	7,83	9,35	0,00079	11903,35	12461,54	Cumple
6	3,15	66	16*	7,28	9,03	0,00078	11647,27	12461,54	Cumple
7	3,20	50	15*	5,52	7,06	0,00063	11235,59	12461,54	Cumple
8	3,22	71	29	7,83	10,15	0,00429	2364,04	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,88	44	15	4,85	11700,20	1150	0,3232	0,9600	Cumple
2	2,93	71	16	7,83	15707,96	1150	0,4161	0,9767	Cumple
3	2,99	66	16	7,28	15507,96	1150	0,4249	0,9967	Cumple
4	3,04	60	16,5	6,62	16953,44	1150	0,3776	1,0133	Cumple
5	3,09	71	16	7,83	15707,96	1150	0,5147	1,0300	Cumple
6	3,15	66	16*	7,28	15507,96	1150	0,5234	1,0500	Cumple
7	3,20	50	15*	5,52	11940,20	1150	0,5485	1,0667	Cumple
8	3,22	71	29	7,83	141714,30	1150	0,0673	1,0733	Cumple

Cálculo de las vigas de refuerzo

Ambas vigas tienen la misma carga y luces similares, por lo que se simplificará el cálculo calculando la más desfavorable. Según los cálculos se necesita una HEB120 porque la HEB 100 no cumple la flecha:

Flexión simple:

luz (m)	Carga (kN/m)	M _{máx} (kN·m)	f _{yd} n/mm ²	W mm ³	M _{pl} (kN·m)
4,83	2,76	8,04	261,90	165200	43,27

Flecha:

luz (m)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)
4,83	2,76	864,4	21000	1,08	0,97

Pandeo lateral:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot (f_y / \gamma_{M1}) = 0,73 \cdot 165200 \cdot 275 / 1,05 = 31584666,67 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Donde,

W_y es el módulo resistente de la sección que la ser de clase 1 y 2 será $W_{pl,y}$. Al ser una viga HEB 120 es 165.200 mm³,
 f_y es 275 N/mm²,

γ_{M1} es 1,05,

χ_{LT} se consulta en la tabla 6.3 del CTE-SE-Acero y va en función de la esbeltez reducida (λ_{LT}) y del coeficiente de imperfección (α) que en este caso es 0,21.

λ_{LT} se calcula con la raíz cuadrada de $W_y \cdot f_y$ entre el momento crítico (M_{cr})

M_{cr} se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{cr} = \sqrt{(M_{EIV}^2 + M_{ETW}^2)} = 59880633,60$$

Donde,

M_{EIV} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{EIV} = C_1 \cdot (\pi / L_c) \cdot \sqrt{(G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z)} = 58392960,66 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

M_{ETW} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{ETW} = W_{el,y} \cdot (\pi^2 \cdot E / L_c^2) \cdot C_1 \cdot i_{ez}^2 = 13264706,01 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{(165200 \cdot 275 / 59880633,60)} = 0,87$$

$$M_{b,Rd} = 31584666,67 \text{ N} \cdot \text{mm} = \mathbf{31,58 \text{ kN} \cdot \text{m}} > M_{ed} = \mathbf{8,04 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

10. Este forjado, como se retirará la viga parteluz ya no cumplirá con las exigencias de seguridad, por lo que se sustituirá por un forjado de viguetas de hormigón armado con un intereje de 70cm y entrevigado de bloque cerámico prefabricado con capa de compresión.

Flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (m)	Carga (m2)	M _{máx} (kN·m)	M _{admisible} (kN·m)
2,5	0,70	11,58	6,33	13,38

Flecha:

luz (cm)	Entrevigado (cm)	Carga (kN/cm2)	I (cm4)	E (kN/m2)	Flecha max (cm)	Flecha adm (cm)
250	70	0,001158	3716,13	27264,04	0,04	0,83

13. Se sustituirán: la viga número 1 por una con un diámetro mínimo de 15cm y la viga número 2 por una con un diámetro mínimo de 14cm. Se colocará una viga en la cabeza de las vigas que acorte la luz 20cm en cada lado. Y se reforzará el forjado con una chapa de hormigón de 3cm de grosor.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
2	2,90	58	15*	6,20	6,52	0,00061	10749,95	12461,54	Cumple
3	2,91	54	14*	5,78	6,11	0,00050	12292,67	12461,54	Cumple
4	2,92	57	16	6,10	6,50	0,00073	8926,23	12461,54	Cumple
5	2,94	55	15	5,88	6,36	0,00060	10525,88	12461,54	Cumple
6	2,95	58	15	6,20	6,75	0,00061	11123,84	12461,54	Cumple
7	2,96	57	17	6,10	6,68	0,00087	7691,30	12461,54	Cumple
8	2,98	38	19	4,06	4,51	0,00119	3783,87	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
2	2,90	58	15*	6,20	10918,95	1150	0,4549	0,9667	Cumple
3	2,91	54	14*	5,78	8454,21	1150	0,5546	0,9700	Cumple
4	2,92	57	16	6,10	13829,84	1150	0,3628	0,9733	Cumple
5	2,94	55	15	5,88	10868,32	1150	0,4578	0,9800	Cumple
6	2,95	58	15	6,20	10918,95	1150	0,4871	0,9833	Cumple
7	2,96	57	17	6,10	17361,19	1150	0,3052	0,9867	Cumple
8	2,98	38	19	4,06	26229,72	1150	0,1383	0,9933	Cumple

Cálculo de las vigas de refuerzo

Tiene una carga lineal de 2,14 kN/m y longitud de 4,77. Al ser muy similares pero más favorables que en el forjado 6, se ha calculado conjuntamente y también se pondrá una HEB 120 en cada lado.

14. Se colocará una viga de madera en la cabeza de las vigas que acorte la luz 15cm en cada lado sujeta por escuadras que se atornillarán al muro para reforzar las vigas 1 y 3. Se derrumbarán las vigas 6, 7 y 8. Se sustituirá la viga 5 por una con una más larga con un diámetro de mínimo 20cm. Se añadirá una viga de madera al otro lado del ascensor con un diámetro mínimo de 23cm. Se colocarán dos vigas paralelas de mínimo 15cm de diámetro embrochadas a las nuevas vigas 5 y 6.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,16	54	14	5,43	3,16	0,00027	11745,29	12461,54	Cumple
2	2,13	50	16	5,02	2,85	0,00040	7084,61	12461,54	Cumple
3	2,11	51	14	5,12	2,85	0,00027	10585,16	12461,54	Cumple
4	2,04	56	18	5,63	2,93	0,00057	5111,84	12461,54	Cumple
5	2,30	135	20	13,56	8,97	0,00079	11419,47	12461,54	Cumple
6	2,94	135	23	13,56	14,65	0,00119	12268,50	12461,54	Cumple
7	2,22	55	15	5,53	3,40	0,00033	10274,04	12461,54	Cumple
8	2,22	55	15	5,53	3,40	0,00033	10274,04	12461,54	Cumple
Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,16	54	14	5,43	1885,74	1150	0,7091	0,7200	Cumple
2	2,13	50	16	5,02	3216,99	1150	0,3639	0,7100	Cumple
3	2,11	51	14	5,12	1885,74	1150	0,6098	0,7033	Cumple
4	2,04	56	18	5,63	5153,00	1150	0,2141	0,6800	Cumple
5	2,30	135	20	13,56	7853,98	1150	0,5472	0,7667	Cumple
6	2,94	135	23	13,56	13736,66	1150	0,8353	0,9800	Cumple
7	2,22	55	15	5,53	2485,05	1150	0,6115	0,7400	Cumple
8	2,22	55	15	5,53	2485,05	1150	0,6115	0,7400	Cumple

Flecha:

15. Se derrumbará y sustituirá por otro más alto situado en la cota +5,20 con vigas de diámetro mínimo 16cm y un intereje de 50cm.

Flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
3,48	50	16	5,35	8,10	0,00072	11217,11	12461,54	Cumple

Flecha:

luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
3,48	50	16	5,35	13711,71	1150	0,6476	1,1600	Cumple

18. Se derrumbara y sustituirá por otro más alto situado en la cota +5,38 con vigas de diámetro mínimo 16cm y un intereje de 63cm.

Flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
2,30	63	16	6,33	4,19	0,00040	10408,37	12461,54	Cumple

Flecha:

luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
2,30	63	16	6,33	3216,99	1149	0,6240	0,7667	Cumple

19. Se sustituirá la viga número 1 por una con un diámetro mínimo de 12cm. Se colocará una viga de madera en la cabeza de las vigas que acorte la luz 15cm en cada lado sujeta por escuadras que se atornillarán al muro.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Ø útil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	2,00	41	12*	4,12	2,06	0,00017	12140,78	12461,54	Cumple
2	2,01	39	13,5	3,92	1,98	0,00024	8192,23	12461,54	Cumple
3	2,02	49	17	4,92	2,51	0,00048	5205,93	12461,54	Cumple
4	2,03	45	13	4,52	2,33	0,00022	10797,45	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,00	41	12*	4,12	1017,88	1150	0,7331	0,6667	Cumple
2	2,01	39	13,5	3,92	1630,44	1150	0,4441	0,6700	Cumple
3	2,02	49	17	4,92	4099,83	1150	0,2264	0,6733	Cumple
4	2,03	45	13	4,52	1401,98	1150	0,6201	0,6767	Cumple

28. Se derrumbarán las vigas 1, 2, 3, 4 y 5. Se añadirán 2 vigas de mínimo 19cm de diámetro. Se colocará una viga de madera en la cabeza de las vigas que acorte la luz 25cm en cada lado sujeta por escuadras que se atornillarán al muro. Después se reforzará el forjado con una chapa de hormigón de 3cm de grosor.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
4	3,06	40	19	4,28	5,01	0,00067	7435,89	12461,54	Cumple
5	3,07	51	19	5,45	6,43	0,00067	9542,83	12461,54	Cumple
6	2,58	45	12	4,81	4,00	0,00032	12433,91	12461,54	Cumple
7	2,59	41	15	4,38	3,68	0,00059	6224,85	12461,54	Cumple
8	2,59	39	13	4,17	3,50	0,00039	8930,59	12461,54	Cumple
9	2,60	40	14	4,28	3,61	0,00048	7477,94	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
4	3,06	40	19	4,28	6397,12	1150	0,6639	1,0200	Cumple
5	3,07	51	19	5,45	6397,12	1150	0,8576	1,0233	Cumple
6	2,58	45	12	4,81	4830,88	1150	0,4998	0,8600	Cumple
7	2,59	41	15	4,38	10632,07	1150	0,2101	0,8633	Cumple
8	2,59	39	13	4,17	6266,06	1150	0,3391	0,8633	Cumple
9	2,60	40	14	4,28	8217,96	1150	0,2693	0,8667	Cumple

29. Se reforzará con una capa de compresión de 4cm de grosor conectada a las vigas.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
1	2,31	66	13	7,28	4,86	0,00049	10010,49	12461,54	Cumple
2	2,30	53	12	5,85	3,87	0,00039	9991,70	12461,54	Cumple
3	2,30	51	14	5,63	3,72	0,00053	6988,48	12461,54	Cumple
4	2,29	55	19	6,07	3,98	0,00121	3292,16	12461,54	Cumple
5	2,29	50	12	5,52	3,62	0,00038	9529,03	12461,54	Cumple
6	2,29	48	13,5	5,30	3,47	0,00048	7196,16	12461,54	Cumple
7	2,28	47	10,5	5,19	3,37	0,00029	11450,74	12461,54	Cumple
8	2,28	31	14	3,42	2,22	0,00049	4554,56	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	2,31	66	13	7,28	8247,94	1150	0,2846	0,7700	Cumple
2	2,30	53	12	5,85	6191,50	1150	0,2992	0,7667	Cumple
3	2,30	51	14	5,63	9582,96	1150	0,1860	0,7667	Cumple
4	2,29	55	19	6,07	27788,47	1150	0,0680	0,7633	Cumple
5	2,29	50	12	5,52	6071,50	1150	0,2829	0,7633	Cumple
6	2,29	48	13,5	5,30	8441,76	1150	0,1953	0,7633	Cumple
7	2,28	47	10,5	5,19	4266,64	1150	0,3718	0,7600	Cumple
8	2,28	31	14	3,42	8782,96	1150	0,1191	0,7600	Cumple

Cubierta

20. Esta cubierta es la que soportará los captadores solares, por lo que tiene una carga añadida. Se ha considerado una carga de 50kg/m² lo que supone 4kN/m². Se derrumbara la cubierta y se sustituirá por una de vigas de madera de mínimo 16cm de diámetro con un entrevigado de 50cm.

Flexión simple:

luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
3,17	50	16	2,0069	2,5208	0,00040	6268,79	12461,54	Cumple

Flecha:

luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
3,17	50	16	2,0069	3216,99	1150	0,7133	1,0567	Cumple

21. En esta cubierta no cumplen las vigas 2 y 4 por la flecha. Para que cumpla se reforzará la cabeza de las vigas con una viga de madera que acorte la luz 15cm en cada lado sujeta por escuadras que se atornillarán al muro.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	σ _{máxima} (kN/m ²)	σ _{admisible} (kN/m ²)	Flexión simple
2	2,66	52	14	3,25	2,87	0,00027	10670,20	12461,54	Cumple
4	2,47	55	14	3,26	2,49	0,00027	9228,64	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
2	2,66	52	14	3,25	1885,74	1150	0,9769	0,8867	Cumple
4	2,47	55	14	3,26	1885,74	1150	0,7286	0,8233	Cumple

22. Se colocará dos vigas parteluz HEB 120 con un intereje de 120cm.

Las vigas al tener un tercio de la luz ya cumplen con las exigencias de seguridad:

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
1	1,20	62	14,00	3,10	0,56	0,00027	2071,33	12461,54	Cumple
2	1,20	54	15,00	4,26	0,77	0,00033	2314,24	12461,54	Cumple
3	1,20	62	15,00	5,06	0,91	0,00033	2748,84	12461,54	Cumple
4	1,20	52	15,00	4,23	0,76	0,00033	2297,94	12461,54	Cumple
5	1,20	57	15,00	4,70	0,85	0,00033	2553,27	12461,54	Cumple
6	1,20	56	14,00	4,52	0,81	0,00027	3020,14	12461,54	Cumple
7	1,20	47	12,00	4,07	0,73	0,00017	4318,40	12461,54	Cumple
8	1,20	50	12,00	4,14	0,75	0,00017	4392,68	12461,54	Cumple
9	1,20	39	12,00	3,81	0,69	0,00017	4042,54	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
1	1,20	62	14	3,10	1885,74	1150	0,0386	0,4000	Cumple
2	1,20	54	15	4,26	2485,05	1150	0,0402	0,4000	Cumple
3	1,20	62	15	5,06	2485,05	1150	0,0478	0,4000	Cumple
4	1,20	52	15	4,23	2485,05	1150	0,0400	0,4000	Cumple
5	1,20	57	15	4,70	2485,05	1150	0,0444	0,4000	Cumple
6	1,20	56	14	4,52	1885,74	1150	0,0563	0,4000	Cumple
7	1,20	47	12	4,07	1017,88	1150	0,0939	0,4000	Cumple
8	1,20	50	12	4,14	1017,88	1150	0,0955	0,4000	Cumple
9	1,20	39	12	3,81	1017,88	1150	0,0879	0,4000	Cumple

El cálculo de las vigas parteluz

Flexión simple:

luz (m)	Carga (kN/m)	M _{máx} (kN·m)	f _{yd} n/mm²	W mm³	M _{pl} (kN·m)
5,00	4,92	15,38	261,90	165200	43,27

Cumple con una HEB 120.

Flecha:

luz (m)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)
5,00	4,92	864,4	21000	2,21	1,00

Pandeo lateral:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot (f_y / \gamma_{M1}) = 0,73 \cdot 165200 \cdot 275 / 1,05 = 31584666,67 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Donde,

W_y es el módulo resistente de la sección que la ser de clase 1 y 2 será $W_{pl,y}$. Al ser una viga HEB 200 es 642.500 mm³,

f_y es 275 N/mm²,

γ_{M1} es 1,05,

χ_{LT} se consulta en la tabla 6.3 del CTE-SE-Acero y va en función de la esbeltez reducida (λ_{LT}) y del coeficiente de imperfección (α) que en este caso es 0,21. $\lambda_{LT} = 0,89 \rightarrow 0,85$

λ_{LT} se calcula con la raíz cuadrada de $W_y \cdot f_y$ entre el momento crítico (M_{cr})

M_{cr} se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{cr} = \sqrt{(M_{LIV}^2 + M_{LTW}^2)} = 57749746,42$$

Donde,

M_{LIV} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LIV} = C_1 \cdot (\pi / L_c) \cdot \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_y} = 56407600 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

M_{LTW} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot (\pi^2 \cdot E / L_c^2) \cdot C_1 \cdot i_{Lz}^2 = 12378040 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{(165200 \cdot 275 / 57749746,42)} = 0,89$$

$$M_{b,Rd} = 31584666,67 \text{ N} \cdot \text{mm} = \mathbf{31,58 \text{ kN} \cdot \text{m}} > M_{ed} = \mathbf{15,38 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

24. En la cubierta 24 no cumplen las vigas 8 y 9 por la flecha. Para que cumpla se reforzará la cabeza de las vigas con escuadras atrornilladas a la pared. Como mínimo se acortará la luz 10cm por cada lado acortando la luz 20cm en total.

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
8	2,69	40	14	2,78	1885,74	1150	0,8740	0,8967	Cumple
9	2,59	45	14	3,06	1885,74	1150	0,8268	0,8633	Cumple

25. Se sustituirán las vigas numeradas como 2, 8, 9, 10, por vigas con un diámetro mínimo de 15cm de diámetro. Se quitarán las vigas embrochadas y se pondrán dos vigas nuevas con un diámetro mínimo de 15cm. También se colocará una viga parteluz HEB 200.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
2	1,89	84	15	4,00	1,78	0,00033	5361,90	12461,54	Cumple
3	1,92	62	15	4,70	2,17	0,00033	6536,37	12461,54	Cumple
4	1,94	55	15,5	5,00	2,34	0,00037	6400,99	12461,54	Cumple
5	1,95	51	14,5	4,44	2,11	0,00030	7051,12	12461,54	Cumple
6	1,97	49	15	4,10	1,99	0,00033	6002,78	12461,54	Cumple
7	1,98	63	19	5,05	2,47	0,00067	3675,12	12461,54	Cumple
8	2,00	51	15	3,40	1,69	0,00033	5105,06	12461,54	Cumple
9	2,00	30	15	2,31	1,15	0,00033	3468,44	12461,54	Cumple
10	2,00	30	15	4,61	2,31	0,00033	6956,60	12461,54	Cumple
11	2,00	36	15	2,00	1,00	0,00033	3018,05	12461,54	Cumple
12	2,00	34	15	1,67	0,84	0,00033	2520,07	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
2	1,89	84	15	4,00	2485,05	1150	0,2301	0,6283	Cumple
3	1,92	62	15	4,70	2485,05	1150	0,2910	0,6400	Cumple
4	1,94	55	15,5	5,00	2833,33	1150	0,2801	0,6450	Cumple
5	1,95	51	14,5	4,44	2169,91	1150	0,3350	0,6500	Cumple
6	1,97	49	15	4,10	2485,05	1150	0,2814	0,6567	Cumple
7	1,98	63	19	5,05	6397,12	1150	0,1374	0,6600	Cumple
8	2,00	51	15	3,40	2485,05	1150	0,2454	0,6650	Cumple
9	2,00	30	15	2,31	2485,05	1150	0,1667	0,6650	Cumple
10	2,00	30	15	4,61	2485,05	1150	0,3361	0,6667	Cumple
11	2,00	36	15,0	2,00	2485,05	1150	0,1458	0,6667	Cumple
12	2,00	34	15	1,67	2485,05	1150	0,1217	0,6667	Cumple

Cálculo de la viga parteluz

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	f _{yd} N/mm ²	W mm ³	M _{pl} (kN·m)
15	5,16	12,4516	41,44	261,90	165200	43,27

Cumple con una HEB 120.

Flecha:

Nº	luz (m)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)
15	5,16	12,4516	5696	21000	0,9609	1,0320

Cumple con una HEB 200. Una viga HEB 200 sigue cumpliendo a flexión simple:

Nº	luz (m)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	f _{yd} N/mm ²	W mm ³	M _{pl} (kN·m)
15	5,16	12,4516	41,44	261,90	642500	168,27

Pandeo lateral:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot (f_y / \gamma_{M1}) = 0,8 \cdot 642500 \cdot 275 / 1,05 = 134619047,6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Donde,

W_y es el módulo resistente de la sección que la ser de clase 1 y 2 será $W_{pl,y}$. Al ser una viga HEB 200 es 642.500 mm³,
 f_y es 275 N/mm²,
 γ_{M1} es 1,05,

χ_{LT} se consulta en la tabla 6.3 del CTE-SE-Acero y va en función de la esbeltez reducida (λ_{LT}) y del coeficiente de imperfección (α) que en este caso es 0,21. $\lambda_{LT} = 0,75 \rightarrow 0,8$

λ_{LT} se calcula con la raíz cuadrada de $W_y \cdot f_y$ entre el momento crítico (M_{cr})

M_{cr} se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{cr} = \sqrt{(M_{Uw}^2 + M_{Uv}^2)} = 309773437,7$$

Donde,

M_{Uv} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{Uv} = C_1 \cdot (\pi / L_c) \cdot \sqrt{(G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z)} = 282756007,8 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

M_{Uw} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{Uw} = W_{el,y} \cdot (\pi^2 \cdot E / L_c^2) \cdot C_1 \cdot I_{Tz}^2 = 126525186,3 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{(642500 \cdot 275 / 309773437,7)} = 0,75$$

$$M_{b,Rd} = 134619047,6 \text{ N} \cdot \text{mm} = \mathbf{134,62 \text{ kN} \cdot \text{m}} > M_{ed} = \mathbf{41,44 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

30. La viga número 7 no cumple porque está carcomida, por lo que se sustituirá por una viga de mínimo 11cm de diámetro.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m ³)	$\sigma_{máxima}$ (kN/m ²)	$\sigma_{admisible}$ (kN/m ²)	Flexión simple
7	2,46	27	11	1,36	1,03	0,00013	7873,02	8307,69	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
7	2,46	27	11	1,36	718,69	1150	0,7847	0,8200	Cumple

32. En esta cubierta se colocará una viga paralela a la número 8 para reforzarla de mínimo 10cm de diámetro. La parteluz se sustituirá por una HEB 100. Se sustituirá la pared por una HEB 100. La viga parteluz es la que tiene unas condiciones más desfavorables:

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	f _{yd} N/mm ²	W mm ³	M _{pl} (kN·m)
6	2,87	8,6000	8,85	261,90	104200	27,29

Cumple con las exigencias de seguridad para la flexión simple.

Flecha:

Nº	luz (m)	Carga (kN/m)	I (cm ⁴)	E (KN/cm ²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)
6	2,87	8,6000	449,5	21000	0,8049	0,5740

Pandeo lateral:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot (f_y / \gamma_{M1}) = 0,85 \cdot 104200 \cdot 275 / 1,05 = 23196904,76 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Donde,

W_y es el módulo resistente de la sección que la ser de clase 1 y 2 será $W_{pl,y}$. Al ser una viga HEB 100 es 104.200 mm^3 ,
 f_y es 275 N/mm^2 ,
 γ_{M1} es 1,05,

χ_{LT} se consulta en la tabla 6.3 del CTE-SE-Acero y va en función de la esbeltez reducida (λ_{LT}) y del coeficiente de imperfección (α) que en este caso es 0,21.

λ_{LT} se calcula con la raíz cuadrada de $W_y \cdot f_y$ entre el momento crítico (M_{cr})

M_{cr} se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{cr} = \sqrt{(M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2)} = 58682527,61$$

Donde,

M_{LTV} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTV} = C_1 \cdot (\pi/L_c) \cdot \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_x} = 56383275,26 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

M_{LTW} es la componente de M_{cr} que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra y se calcula con la siguiente fórmula:

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot (\pi^2 \cdot E / L_c^2) \cdot C_1 \cdot i_{ix}^2 = 16265463,95 \text{ N} \cdot \text{mm}^3$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{(104200 \cdot 275 / 58682527,61)} = 0,698$$

$$M_{b,Rd} = 23196904,76 \text{ N} \cdot \text{mm} = \mathbf{23,20 \text{ kN} \cdot \text{m}} > M_{ed} = \mathbf{8,85 \text{ kN} \cdot \text{m}}$$

33. En esta cubierta la viga que no cumple es la número 6. Se sustituirá por una viga de mínimo 17cm de diámetro.

Flexión simple:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	M _{máximo} (kN·m)	W (m³)	σ _{máxima} (kN/m²)	σ _{admisible} (kN/m²)	Flexión simple
6	2,00	112	17	6,70	5,03	0,00048	10422,46	12461,54	Cumple

Flecha:

Nº	luz (m)	Entrevigado (cm)	Øútil (cm)	Carga (kN/m)	I (cm⁴)	E (KN/cm²)	Flecha _{máx} (cm)	Flecha _{adm} (cm)	Flecha
6	2,00	112	17	6,70	4099,83	1150	0,6667	0,8167	Cumple

Ventilación interior de la vivienda

La ventilación interior de la vivienda debe cumplir los caudales mismos según el uso de cada una de las estancias, según lo que indica la tabla 2.1 de la normativa CTE-HS3.

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

	Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
	Por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Dormitorios	5		
Salas de estar y comedores	3		
Aseos y cuartos de baño			15 por local
Cocinas		2	50 por local ⁽¹⁾
Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
Aparcamientos y garajes			120 por plaza
Almacenes de residuos		10	

⁽¹⁾ Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Las estancias por las que se extraerá el aire serán por las estancias húmedas, que son la cocina y los baños. Según esta tabla, el caudal de los baños es de 15 l/s y el de la cocina es de 50 l/s. Para saber la sección de los conductos de extracción se consulta en la tabla 4.1:

Tabla 4.1 Área efectiva de las aberturas de ventilación de un local en cm²

Aberturas de ventilación	Aberturas de admisión	4 · q_v ó 4 · q_{va}
	Aberturas de extracción	4 · q_v ó 4 · q_{ve}
	Aberturas de paso	70 cm ² ó 8 · q_{vp}
	Aberturas mixtas⁽¹⁾	8 · q_v

Por lo que se multiplica la sección será 4 · q_v :

Para baños será 4 x 15 = 60 cm² → mínimo Ø9cm

Para cocinas será 4 x 50 = 200 cm² → mínimo Ø16cm

Conducto de extracción para ventilación mecánica de las cocinas:

Tabla 4.1 UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	4	5	100	100
Con cisterna	8	10	100	100
Con fluxómetro	-	4	-	50
Urinario	-	2	-	40
Suspendido	-	3,5	-	-
En batería	3	6	40	50
Fregadero	-	2	-	40
De cocina	3	-	40	-
De laboratorio, restaurante, etc.	-	8	-	100
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	0,5	-	25
Fuente para beber	1	3	40	50
Sumidero sifónico	3	6	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	7	-	100	-
Inodoro con cisterna	8	-	100	-
Inodoro con fluxómetro	6	-	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	8	-	100	-
Inodoro con cisterna	8	-	100	-
Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-

$$S \geq 1,5 \cdot q_{vt} = 1,5 \cdot 50 = 75 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mínimo } \varnothing 10\text{cm}$$

Evacuación aguas residuales

El dimensionado de las tuberías se realiza en proporción a la unidades de descarga de cada aparato sanitario. En la siguiente tabla están las relaciones de UD:

El total de UD en el edificio es de 102. En la siguiente tabla está la relación entre la UD de cada sanitario y el diámetro de su desagüe individual:

Tabla 4.2 UD's de otros aparatos sanitarios y equipos

Diámetro del desagüe (mm)	Unidades de desagüe UD
32	1
40	2
50	3
60	4
80	5
100	6

Se utilizará un diámetro de 110mm para los inodoros, de 50mm para la bañera y las duchas del hostel y de 40mm para el resto de aparatos, incluida la ducha de la vivienda. En la siguiente tabla está la relación entre UD, pendiente y diámetro de los colectores de los sanitarios:

Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
1 %	Pendiente		
	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Como la cantidad de UD por estancia no supera 8, el diámetro será de 50mm a excepción de los baños en los que el diámetro será de 110mm. En la siguiente tabla está la relación entre las plantas, las UD, y el diámetro del bajante:

Tabla 4.4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

En el edificio en estudio el máximo de plantas son 3, y puesto que la cantidad de UD no supera 381, el bajante será de 110mm. A excepción de la cocina del restaurante que será de 50mm. En la siguiente tabla está la relación entre UD, pendiente y diámetro de los colectores horizontales:

Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Como las UD no superan 264, el diámetro será de 110mm. A excepción de la cocina del restaurante que será de 50mm.

Evacuación aguas pluviales

Para la evacuación de aguas pluviales, hay que separar entre la cubierta inclinada y la cubierta plana situada encima de la cocina de la planta baja. La cubierta plana debe cumplir lo que indica la tabla 4.6 del CTE-HS3:

Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m ²

La cubierta plana tiene 12m² de superficie (5m² de los cuales están cubiertos por la cubierta inclinada). Como no supera los 100m² solo son necesarios 2 sumideros.

La cubierta inclinada tiene 165m². En la siguiente tabla está la relación entre la superficie de la cubierta, la pendiente y el diámetro del canalón:

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Para entrar en la tabla hay que tener en cuenta el factor de corrección f .

$$f = i/100$$

Donde,

i es la intensidad pluviométrica.

Una vez tengamos el factor de corrección lo multiplicaremos por la superficie de la cubierta y sabremos la superficie corregida para entrar en la tabla.

La intensidad pluviométrica depende de la zona pluviométrica en la que se encuentre la localidad. Para ello se consulta la zona en el Anejo B del CTE-HS3:

Tabla B.1

Intensidad Pluviométrica i (mm/h)

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365

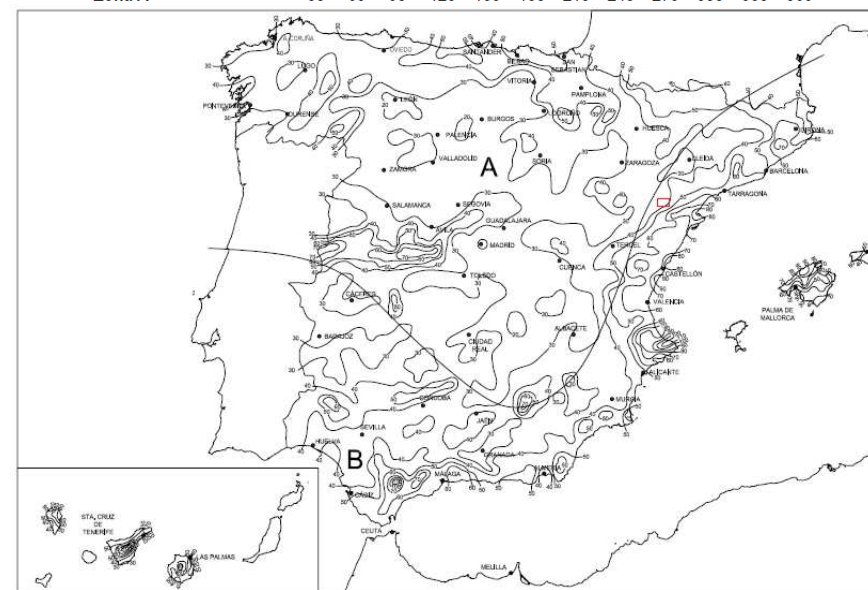


Figura B.1 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

En el cuadrado rojo es donde se encuentra la localidad del edificio. Como la zona pluviométrica es B y la isoyeta es de 40, la intensidad pluviométrica es de 90. Por lo que el factor de correlación es:

$$f = i / 100 = 90 / 100 = 0,9$$

Por lo tanto la superficie corregida es de: $0,9 \times 165\text{m}^2 = 149\text{m}^2$

Considerando una pendiente del canalón entre 2 y 4% el diámetro del canalón queda de **150mm**.

En la siguiente tabla está la relación entre la a superficie corregida de la cubierta y el diámetro del bajante:

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de *aguas pluviales* para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Como 149<177, el diámetro será de **75mm** para la cubierta inclinada y de **50mm** para la cubierta plana.

En la siguiente tabla está la relación entre la superficie corregida de la cubierta, la pendiente y el diámetro del colector de aguas pluviales:

Tabla 4.9 Diámetro de los *colectores de aguas pluviales* para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Como 149<178, para una pendiente entre 2 y 4% el diámetro del colector será de **90mm** para ambas cubiertas.

Colector de aguas pluviales y residuales

Para dimensionar los colectores de tipo mixto deben transformarse las UD correspondientes a las aguas residuales en superficies equivalentes de recogida de aguas, y sumarse a las correspondientes a las aguas pluviales. El diámetro de los colectores se obtiene en la tabla 4.9 en función de su pendiente y de la superficie así obtenida.

Para transformar las UD en superficie equivalente para un régimen pluviométrico de 100 mm/h se considera para un número de UD menor o igual que 250 la superficie equivalente es de 90m². Como el edificio tiene 102 UD es este caso. Por lo tanto la superficie de corrección será:

$$165\text{m}^2 + 90\text{m}^2 = 255\text{m}^2$$

$$255\text{m}^2 \times f = 255\text{m}^2 \times 0,9 = 229,5\text{m}^2$$

Según la tabla 4.9 considerando una pendiente entre 2 y 4%, el diámetro del colector será de **110mm**.

Fontanería

La acometida de la fontanería entra al edificio enterrada bajo la entrada de la vivienda. A la izquierda de la entrada es donde está el contador de agua. Los tubos recorrerán el edificio encastados en los muros o tabiques. La distancia de separación entre tubos de agua fría y agua caliente será de 4 cm, transcurriendo estos últimos siempre por la parte superior. Ambos irán aislados para evitar pérdidas de calor y congelación del agua en temporadas de frío. Toda la instalación será realizada con tubos de cobre.

Predimensionado

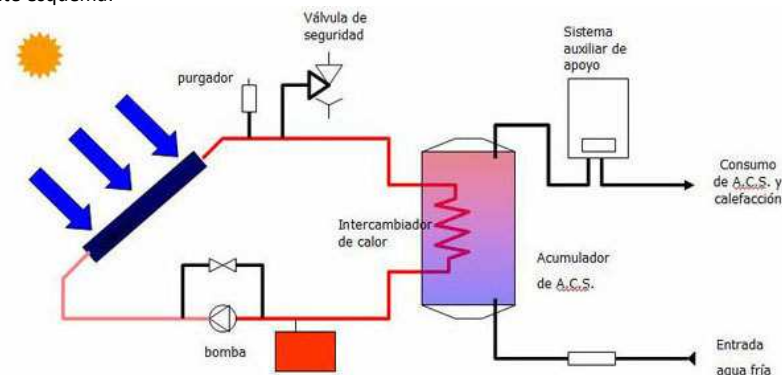
El dimensionado de los tubos se realizará cumpliendo la normativa CTE-HS4 y asegurando el caudal mínimo de cada aparato que aparece en la tabla 2.1 de dicha normativa. El caudal de las lavadoras y de los lavavajillas de agua caliente sanitaria se abastecerá directamente del acumulador de las placas solares, sin pasar por la caldera mixta.

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinaros con grifo temporizado	0,15	-
Urinaros con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

El sistema de captador solar para el agua caliente sanitaria escogido para este edificio es el que se indica en el siguiente esquema:



Para saber la previsión de espacio de las placas solares y de los acumuladores se ha calculado el intervalo de superficie de los captadores y el volumen de los depósitos acumuladores. Según el CTE-HE4, el porcentaje de contribución solar al agua caliente sanitaria, depende de la zona y del consumo de agua. La zona se consulta en la figura 3.1:

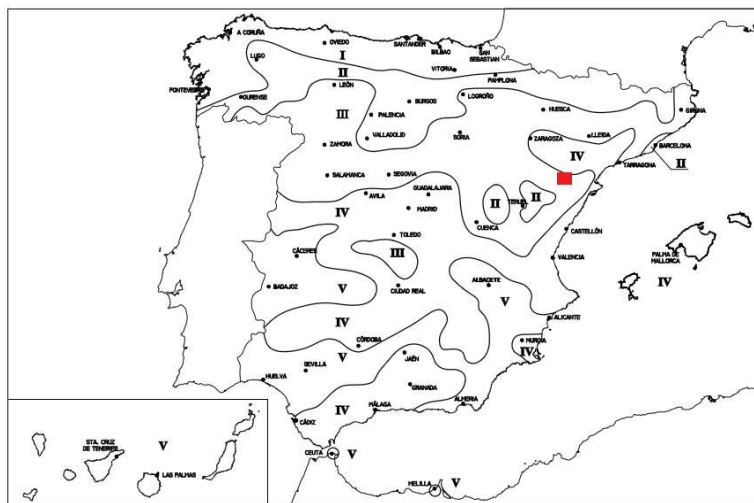


Fig. 3.1. Zonas climáticas

Según el mapa la zona es III.

El consumo de agua se conoce según las tablas 3.1. El consumo de agua caliente teniendo en cuenta que en la vivienda, al tener tres habitaciones vivirán 4 personas y que cada una gastará 30 litros al día son 120 litros al día. En el hostel hay 14 camas, cada uno se considera 35 litros al día por lo que son 490 litros al día. En el restaurante caben 24 personas, por lo que son 24 comidas por 10 litros al día y 24 almuerzos a 1 litro el almuerzo hace 264 litros al día. Lo que hace un total de 874 litros al día que está entre 50 y 5000.

El combustible de las calderas no será eléctrico sino de gasoil así que se consulta en la tabla 2.1. El porcentaje debe ser del 50% como mínimo. Según la orientación de la cubierta, al ser hacia el SE con una inclinación entre 35 y 40°, según la figura 3.3 el porcentaje de energía respecto al máximo es de 95%.

El área de los captadores debe estar comprendida entre:

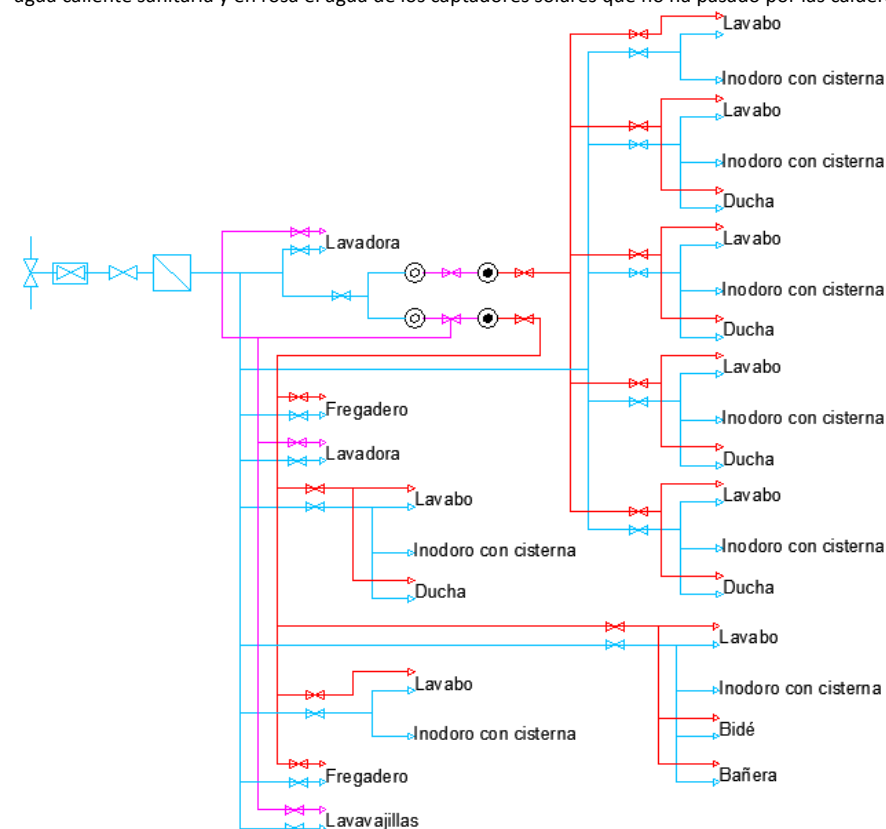
$$50 < V/A < 180$$

Donde V es el volumen del depósito de acumulación solar en litros y A es el área de los captadores.

El volumen de agua que se necesita es el 50% del consumo de ACS al día. $874/2 = 450$ litros al día. Se colocarán dos depósitos, uno de 200 litros que abastecerá la caldera de la vivienda y del restaurante y otro de 250 litros que abastecerá la caldera de los cuartos de baño del hostel. La superficie de los captadores deberá ser entre 2,5 y 9m². Por lo que se ha previsto colocar dos captadores de 2m² cada uno que da una superficie total de 4m² colocados en serie, ya que según el apartado 3.3.2.2 de esta normativa se pueden

colocar hasta 8m² de captadores en serie.

En el siguiente esquema se muestra el recorrido de la fontanería que se prevé. En azul el agua fría, en rojo el agua caliente sanitaria y en rosa el agua de los captadores solares que no ha pasado por las calderas:



Calefacción

La calefacción se generará con el combustible gasoil almacenado en el depósito de la planta baja que abastece las calderas mixtas. Además también se calentará gracias a las placas solares de la cubierta. El calor se transportará por agua en una canalización bitubular de cobre. Los tubos se empotrarán dejando las uniones sin empotrar y ocultas en el falso techo siempre que se pueda. Los radiadores serán de aluminio y trabajarán por convección y radiación.

La instalación constará de un grifo para llenar el circuito cuando sea necesario, una válvula antirretorno para asegurar el sentido de la circulación, un manómetro para comprobar la presión del circuito, una válvula de seguridad conectada al desagüe, un vaso de expansión que amortigüe las dilataciones y contracciones al calentarse y enfriarse el circuito, purgadores en las partes más altas del circuito, una bomba recirculadora, un termostato general para controlar la temperatura y una válvula termostatizable en cada uno de los radiadores.

Instalación eléctrica










Toma de tierra

En el edificio no hay toma de tierra, por lo que se colocará un cordón de cobre por debajo del suelo y unido a las armaduras de los cimientos de la escalera nueva y del ascensor. Según el recorrido grafiado en el plano la longitud del cordón será de unos 140m.

Cableado eléctrico

Según la normativa ITC-BT, la acometida del edificio en estudio es aérea en fachada. La CGP sigue el esquema 7.

La LGA es monofásica y se deberá cambiar a trifásica para abastecer al ascensor. Como la carga que deberá soportar es de 30.000 W con una intensidad de 43.3 A, según la tabla 1 de la ITC-BT-19:

A		Cobres y metales no ferrosos, según el tipo de cableado											
		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos "en montaje superficial" o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos "en montaje superficial" o empotrados en obra	3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹			3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
E		Cables multiconductores al aire libre ² . Distancia a la pared no inferior a 0,10 m			3x PVC				3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mínimo ³ . Distancia a la pared no inferior a 10 ³					3x PVC				3x XLPE o EPR ⁴		
G		Cables unipolares separados mínimo 10 ³							3x PVC ⁵		3x XLPE o EPR ⁶		
													
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	18	18	21	24	
		2,5	14	14,5	16,5	17	18	20	22	22	26	30	
		4	20	21	23	24	27	30	32	34	38	45	
		6			32	33	36	40	42	44	48	57	
		10	34	35	39	41	45	50	52	54	60	70	
		16	45	48	54	59	66	70	76	80	91	105	
		25	55	59	64	70	84	88	96	106	116	123	166
		35	77	85	96	104	110	119	131	141	154	164	206
		50	103	117	125	133	145	155	170	179	195	218	250
		70	140	159	169	179	189	207	224	234	254	281	321
		95			180	194	207	230	245	271	296	331	
		120	200	225	240	260	284	304	334	364	404	455	
		150			246	260	278	310	338	363	404	455	
		185	268	297	317	324	350	384	413	454	504	560	
		240			312	330	374	419	453	490	540	591	

Cobre		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	18	18	21	24	
		2,5	14	14,5	16,5	17	18	20	22	22	26	30	
		4	20	21	23	24	27	30	32	34	38	45	
		6			32	33	36	40	42	44	48	57	
		10	34	35	39	41	45	50	52	54	60	70	
		16	45	48	54	59	66	70	76	80	91	105	
		25	55	59	64	70	84	88	96	106	116	123	166
		35	77	85	96	104	110	119	131	141	154	164	206
		50	103	117	125	133	145	155	170	179	195	218	250
		70	140	159	169	179	189	207	224	234	254	281	321
		95			180	194	207	230	245	271	296	331	
		120	200	225	240	260	284	304	334	364	404	455	

El mínimo según la intensidad es de 4mm^2 . Según la tabla 1 de la ITC-BT-14:

Tabla 1

Secciones (mm ²)		Diámetro exterior de los tubos (mm)
FASE	NEUTRO	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

Como 10mm^2 es mayor que 4mm^2 , la LGA estará compuesta por $3 \times 10\text{mm}^2$ más un neutro de 10mm^2 . Con

un aislamiento de 0,6/1kV unipolar no propagador de llama. Discurrirá en un tubo de 75mm según marca la y la tabla.

El IGM será de 160 A. Tendrá un contador trifásico. A partir del contador los circuitos serán monofásicos excepto el ascensor que tendrá un cableado trifásico.

Los ID serán de 0.03A a excepción del ascensor que será de 0.3A. Los PIA será según la tabla siguiente.

Los circuitos mínimos de los que constará la instalación son los marcados según las tablas 1 y 2 del ITC-BT-25. La distribución de tomas de corriente y puntos de luz se ha realizado siguiendo dichas tablas:

Tabla 1. Características eléctricas de los circuitos⁽¹⁾

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad F _s	Factor utilización F _u	Tipo de toma (7)	Interrupor Automático (A)	Máximo nº de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm ² (5)	Tubo o conducto Diámetro mm (3)
C ₁ Iluminación	200	0,75	0,5	Punto de luz ^{(2)†}	10	30	1,5	16
C ₂ Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16A 2p+T	16	20	2,5	20
C ₃ Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C ₄ Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3.450	0,66	0,75	Base 16A 2p+T combinadas con fusibles o interruptores automáticos de 16 A ⁽⁸⁾	20	3	4 ⁽⁶⁾	20
C ₅ Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16A 2p+T	16	6	2,5	20
C ₆ Calefacción ⁽²⁾	---	---	---	---	25	---	6	25
C ₇ Aire acondicionado	---	---	---	---	25	---	6	25
C ₁₀ Secadora ⁽²⁾	3.450	1	0,75	Base 16A 2p+T	16	1	2,5	20
C ₁₁ Calefacción ⁽²⁾	---	---	---	---	25	---	6	25

Tabla 2.

Estancia	Circuito	Mecanismo	nº mínimo	Superf./Longitud
Acceso	C ₁	pulsador timbre	1	---
Vestíbulo	C ₁	Punto de luz Interruptor 10 A	1	---
	C ₂	Base 16 A 2p+T	1	---
	C ₁	Punto de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
Sala de estar o Salón	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)
	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
Dormitorios	C ₂	Base 16 A 2p+T	3 ⁽¹⁾	una por cada 6 m ² , redondeado entero superior
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
	C ₉	Toma de aire acondicionado	1	---
Baños	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	---
	C ₆	Base 16 A 2p+T	1	---
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
Pasillos o distribuidores	C ₁	Puntos de luz Interruptor/Commutador 10 A	1	uno cada 5 m de longitud uno en cada acceso
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 5 m (dos si L > 5 m)
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
Cocina	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	2	extractor y frigorífico
	C ₃	Base 25 A 2p + T	1	cocina/horno
	C ₄	Base 16 A 2p + T	3	lavadora, lavavajillas y termo
	C ₅	Base 16 A 2p + T	3 ⁽²⁾	encima del plano de trabajo
	C ₈	Toma de calefacción	1	---
	C ₁₀	Base 16 A 2p + T	1	secadora
Terrazas y Vestidores	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
Garajes unifamiliares y Otros	C ₁	Puntos de luz Interruptor 10 A	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²) uno por cada punto de luz
	C ₂	Base 16 A 2p + T	1	hasta 10 m ² (dos si S > 10 m ²)

Telecomunicaciones

Actualmente las instalaciones que hay en la localidad son la televisión que llega por una antena individual del edificio y el teléfono llega por fachada. No obstante, como previsión de espacio para un futuro, se ha previsto el hueco de un RITU en la planta baja.

El cableado será formado por conductores de cobre con aislamiento y cubiertos por tubos protectores termoplásticos de PVC. La instalación de telecomunicaciones dispondrá de los siguientes elementos:

- Arqueta principal enterrada en la Calle Pilar ante la fachada principal.
- Canalización principal desde la arqueta principal hasta el RITU ubicado en el cuarto destinado a las instalaciones. Al PAU le llegarán desde los elementos de captación de la cubierta las redes de televisión y radio y por la fachada la de teléfono.
- Canalización interior de vivienda enterrada desde el PAU hasta los registros de toma.
- Registros de toma de televisión, radio, teléfono y tapas ciegas configurables.

Para la distribución de las telecomunicaciones por la vivienda se ha consultado la ICT en la que indica que como mínimo en el comedor y en los dormitorios de matrimonio deben haber cuatro tomas: una de TBA+RTV, dos de Tf CAT6 RJ45. En el resto de dormitorios debe haber una de TBA+RTV y otra de Tf CAT6 RJ45. Y en el recibidor una tapa ciega.

Con estos mínimos se ha considerado en todos los dormitorios del hostel, en el comedor de la vivienda y en el dormitorio principal de la vivienda dos tomas de Tf CAT6 RJ45, una de TBA+RTV y una configurable. En el comedor del restaurante se ha previsto una toma de Tf CAT6 RJ45, dos de TBA+RTV y dos tapas ciegas configurables. En la recepción del hostel, en las cocinas y en los otros dos dormitorios de la vivienda se ha previsto una toma de Tf CAT6 RJ45, una de TBA+RTV y una configurable.